

# Norma Boliviana



República de Bolivia



Ministerio del Agua  
Viceministerio de Servicios Básicos

## Normas de Materiales de Saneamiento Básico

NB: 645 - 646 - 647- 648  
649 - 650 y 127001

Volumen 2 de 2



Tercera revisión  
Abril 2007

Instituto Boliviano de Normalización y Calidad



---

# Norma Boliviana

---

MINISTERIO DEL AGUA  
VICEMINISTERIO DE SERVICIOS BÁSICOS

## Normas de Materiales de Saneamiento Básico NB: 645 - 646 - 647 - 648 649 - 650 y 127001

Abril 2007



Ministerio del Agua  
Viceministerio de  
Servicios Básicos



---

Instituto Boliviano de Normalización y Calidad

---

## Prefacio

La revisión y actualización de las Normas Bolivianas **NB 645 a la NB 650 y la NB 127001 “Normas de materiales de saneamiento básico”**, ha sido encomendada al Comité Técnico de Normalización .

Las instituciones y representantes que participaron fueron los siguientes:

| REPRESENTANTE      | INSTITUCIÓN           |
|--------------------|-----------------------|
| Reynaldo Villalba  | UNI/VSB (Coordinador) |
| Luís Víctor Rico   | ABIS                  |
| José Luís Castagné | ABIS                  |
| Grover Rivera      | IIS-UMSA              |
| José Díaz          | IIS-UMSA              |
| Ronny Vega         | ANESAPA               |
| Leonardo Cuaquira  | CONSULTOR             |
| Fernando Inchauste | CONSULTOR             |
| Humberto Obleas    | CONSULTOR             |
| Patricia Ancalle   | CONSULTOR             |
| Gonzalo Dalence E. | IBNORCA               |

Fecha de aprobación por el Comité Técnico de Normalización 2007-02-12

Fecha de aprobación por el Consejo Rector de Normalización 2007-03-29

Fecha de aprobación por la Junta Directiva del IBNORCA 2007-04-13



República de  
Bolivia



Ministerio del Agua

RESOLUCIÓN MINISTERIAL N°  
La Paz

09 JUN 2007

N° 050

**CONSIDERANDO:**

El literal e) del Artículo 3° de la Ley N° 3351 Ley de Organización del Poder Ejecutivo, de fecha 21 de febrero de 2006, establece como atribuciones generales de los Ministros, entre otras: "Dictar normas relativas al ámbito de su competencia y resolver en última instancia, todo asunto administrativo que corresponde al Ministerio".

Que, el literal c) del Artículo 4° de la Ley N° 3351 Ley de Organización del Poder Ejecutivo, de fecha 21 de febrero de 2006, establece que es atribución específica del Ministro del Agua, plantear y ejecutar, evaluar y fiscalizar las políticas y planes de servicio de agua potable y saneamiento básico, riego y manejo de cuencas, aguas internacionales y transfronterizas.

El Artículo 61 del Decreto Supremo N° 28631 Reglamento a la Ley de Organización del Poder Ejecutivo, de fecha 8 de marzo de 2006, establece que dentro de la estructura del Ministerio del Agua, se encuentra el Viceministerio de Servicios Básicos.

Los literales d) y e) del Artículo 63 del Decreto Supremo N° 28631 Reglamento de Organización del Poder Ejecutivo, de fecha 8 de marzo de 2006, dispone que son funciones del Viceministro de Servicios Básicos, entre otras, las siguientes: d) Promover normas técnicas, disposiciones reglamentarias e instructivos para el buen aprovechamiento y regulación de los servicios básicos y proponer por conducto regular proyectos de leyes y otras disposiciones para el sector; e) Difundir y vigilar la aplicación de políticas, planes, proyectos y normas técnicas para el establecimiento y operación de los servicios básicos, ejerciendo función sobre la Superintendencia de Saneamiento Básico.

Que, el Ministerio del Agua, a través del Viceministerio de Servicios Básicos, ha planificado dentro de sus políticas actualizar las Normas Bolivianas de Materiales de Saneamiento Básico, NB 645 a NB 650, en el marco del proyecto de Asistencia Técnica (PROAT), que cuenta con financiamiento de la Agencia Sueca de Cooperación para el Desarrollo Internacional (AsDI).

Que, IBNORCA, determina que las Normas Bolivianas deben ser actualizadas en forma ordinaria cada cinco (5) años y en forma extraordinaria cuando las necesidades o requerimientos así lo exijan. Asimismo, IBNORCA cuenta con una serie de Normas Bolivianas de Materiales relacionados al sector de saneamiento básico.

Que en las presentes Normas Bolivianas de Materiales de Saneamiento Básico, se han incorporado y desarrollado algunas normas de materiales adicionales, que son empleadas en el sector.

Que, IBNORCA, ha elaborado Normas adicionales de Materiales que son empleadas en el Sector de Saneamiento Básico, el año 2000, a través del Comité Técnico de







República de  
Bolivia



Ministerio del Agua

Normalización CTN 12.16 "Tuberías y accesorios de plástico", las mismas que deben ser utilizadas en complementación a las presentes Normas Bolivianas de Materiales de Saneamiento Básico.

Que, mediante Informe Técnico VSB/UNI N° 001/2007, de 31 de enero de 2007, elaborado por la Unidad de Normas e Institucionalidad y aprobado por el Viceministro de Servicios Básicos, en sus conclusiones determina: "En este sentido, el contenido de las Normas actualizadas queda aprobado, para posteriormente ser editado y difundido en el Sector de Saneamiento Básico a nivel nacional, para su uso e implementación en los proyectos sectoriales".

Que, es necesaria la difusión pública de las Normas Bolivianas de Materiales de Saneamiento Básico, para permitir su aplicación por parte de los profesionales del sector con carácter obligatorio en el ámbito urbano y rural del país.

Que, la Unidad de Normas e Institucionalidad, del Viceministerio de Servicios Básicos, mediante Informes Técnicos: VSB/UNI N° 001/2007, de 31 de enero de 2007; VSB/UNI N° 008/2007, de 16 de marzo de 2007; y VSB/UNI N° 011/2007, de 29 de marzo de 2007, e Informe Jurídico MDA/DGAJ/CGT -0012/07, de fecha 17 de mayo de 2007, se evidencia que corresponde dar curso a la aprobación de la norma precitada así como a sus reglamentos.

#### POR TANTO:

El Ministro del Agua, en aplicación de sus atribuciones conferidas por ley.

#### RESUELVE:

**Artículo 1°.-** Aprobar las Normas Bolivianas de Materiales de Saneamiento Básico, en sus siete (7) normas bolivianas, las cuales contemplan las seis (6) normas bolivianas actualizadas en su primera revisión (NB 645 a NB 650): la Norma Boliviana **NB 645** "Tuberías de fierro fundido dúctil, uniones y accesorios para líneas de tubería de presión", en sus seis (6) capítulos; la Norma Boliviana **NB 646** "Plásticos - Tuberías de polietileno (PE) especificadas por su diámetro interior (RDIE)", en sus seis (6) capítulos; la Norma Boliviana **NB 647** "Productos químicos para uso Industrial - Cal viva y Cal hidratada", en sus seis (6) capítulos; la Norma Boliviana **NB 648** "Productos químicos para uso Industrial - Cloro líquido", en sus seis (6) capítulos; la Norma Boliviana **NB 649** "Productos químicos para uso Industrial - Hipocloritos usados para el tratamiento de aguas", en sus seis (6) capítulos y la Norma Boliviana **NB 650** "Productos químicos para uso Industrial - Sulfato de aluminio", en sus seis (6) capítulos. Igualmente la Norma Boliviana **NB 127001** "Revestimiento Interno con mortero de cemento centrífugo para tubería de fierro fundido dúctil con o sin presión -Prescripciones generales", en sus cuatro (4) capítulos.

**Artículo 2°.-** Asimismo, aprobar las Normas Bolivianas de Materiales de Saneamiento Básico, que fueron elaboradas y aprobadas por el IBNORCA, en sus once (11) normas bolivianas: la Norma Boliviana **NB 213 - 00** "Tuberías plásticas -Tuberías de polícloruro de vinilo (PVC-U) no plastificado para conducción de agua potable", en sus nueve (9) capítulos; la Norma Boliviana **NB 888 - 00** "Tuberías y accesorios de plástico -Tuberías de





polícloruro de vinilo (PVC) clasificadas según la presión (serie RDE o SDR)", en sus doce (12) capítulos; la Norma Boliviana **NB 1069 - 00** "Tuberías plásticas de polícloruro de vinilo no plastificado (PVC-U) esquemas 40 y 80 - Especificaciones y dimensiones", en sus catorce (14) capítulos; la Norma Boliviana **NB 1070 - 00** "Especificaciones para tuberías y accesorios de polícloruro de vinilo (PVC) para alcantarillado -Tipo PSM", en sus catorce (14) capítulos; la Norma Boliviana **NB 707 - 99** "Tuberías y accesorios de pared perfilada, fabricadas en material, termoplástico con superficie exterior corrugada y superficie interna lisa -Dimensiones", en sus siete (7) capítulos; la Norma Boliviana **NB 708 - 99** "Tuberías y accesorios de pared perfilada, fabricadas en material termoplástico con superficie exterior corrugada y superficie interna lisa -Requisitos técnicos", en sus nueve (9) capítulos; la Norma Boliviana **NB 686** "Tuberías de hormigón -Tuberías de hormigón para alcantarillado", en sus dieciséis (16) capítulos; la Norma Boliviana **NB 687** "Tuberías de hormigón - Tuberías de hormigón armado para alcantarillado", en sus dieciocho (18) capítulos; la Norma Boliviana **NB 763 - 97** "Válvulas - Válvulas de mariposa con asiento elástico", en sus seis (6) capítulos; la Norma Boliviana **NB 764 - 97** "Válvulas - Válvulas de compuerta para sistemas de acueducto y alcantarillado - Requisitos", en sus siete (7) capítulos; la Norma Boliviana **NB 765 - 97** "Válvulas - Válvulas de compuerta con asiento elástico para agua y sistemas de alcantarillado - Requisitos", en sus siete (7) capítulos.

**Artículo 3°.-** Se autoriza al Viceministerio de Servicios Básicos para que en coordinación con la Dirección General de Asuntos Administrativos del Ministerio del Agua proceda a la publicación, difusión y distribución gratuita de la Primera Revisión de las "Normas Bolivianas de Materiales de Saneamiento Básico", a Municipios, Entidades e Instituciones del Sector, bibliotecas universitarias, profesionales que participaron en la actualización de las presentes Normas, programas y Proyectos del sector y otros priorizados por el Viceministerio de Servicios Básicos.

**Artículo 4°.-** El Viceministerio de Servicios Básicos y la Dirección General de Asuntos Administrativos del Ministerio del Agua, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución Ministerial.

Regístrese, comuníquese, cúmplase y archívese.

  
Abel P. Mamani Marca  
MINISTRO DEL AGUA



## Informe

La actualización de estas Normas fue realizada por el Viceministerio de Servicios Básicos/ Ministerio del Agua, a la cabeza del Ing. Alcides Franco Torrico, Viceministro de Servicios Básicos, a través del Proyecto de Asistencia Técnica PROAT/Asdi y la Unidad de Normas e Institucionalidad del Viceministerio de Servicios Básicos.

Estas Normas han sido actualizadas en el marco de una consultoría y su revisión y aprobación fueron realizadas por el Comité Técnico de Normalización.

FINANCIADOR: Agencia Sueca de Cooperación para el para el Desarrollo Internacional (Asdi)



## **PRESENTACIÓN**

El Ministerio del Agua, a través del Viceministerio de Servicios Básicos, en el marco de sus competencias normativas, pone a disposición de profesionales del país la presente “Normas de Materiales de Saneamiento Básico”, actualizada en base a los nuevos requerimientos del sector y los avances tecnológicos desarrollados en Bolivia en los últimos años.

Estas Normas tienen como objetivo fundamental, regir el diseño y consecuentemente la construcción de sistemas de agua y saneamiento, para mejorar las condiciones de vida del ciudadano boliviano.

Las presentes Normas se constituyen en un instrumento que debe ser conocido y aplicado de forma obligatoria por los responsables de las diferentes etapas de implementación de proyectos de saneamiento básico.

En las presentes Normas se han incluido nuevos conceptos y criterios de diseño de acuerdo con los adelantos tecnológicos y prácticas de la ingeniería sanitaria de manera que puedan ser aplicados en proyectos tanto a nivel urbano, periurbano como rural.

La actualización de estas Normas fueron posibles gracias a la participación de profesionales, instituciones y el apoyo de organizaciones como la Agencia Sueca de Cooperación para el Desarrollo Internacional (Asdi), y otras que de manera desinteresada contribuyeron para que nuestro país cuente con este valioso instrumento técnico normativo.





## ÍNDICE GENERAL

|           |                                                                                                                                                    | Página |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| NB 645    | TUBERÍAS DE FIERRO FUNDIDO DÚCTIL, UNIONES Y ACCESORIOS PARA LÍNEAS DE TUBERÍA DE PRESIÓN .....                                                    | 11     |
| NB 646    | PLÁSTICOS - TUBERÍAS DE POLIETILENO (PE) ESPECIFICADAS POR SU DIÁMETRO INTERIOR (RDIE) .....                                                       | 109    |
| NB 647    | PRODUCTOS QUÍMICOS PARA USO INDUSTRIAL - CAL VIVA Y CAL HIDRATADA .....                                                                            | 159    |
| NB 648    | PRODUCTOS QUÍMICOS PARA USO INDUSTRIAL - CLORO LÍQUIDO .....                                                                                       | 187    |
| NB 649    | PRODUCTOS QUÍMICOS PARA USO INDUSTRIAL - HIPOCLORITOS USADOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS .....                                                    | 213    |
| NB 650    | PRODUCTOS QUÍMICOS PARA USO INDUSTRIAL - SULFATO DE ALUMINIO .....                                                                                 | 233    |
| NB 127001 | REVESTIMIENTO INTERNO CON MORTERO DE CEMENTO CENTRIFUGADO PARA TUBERÍA DE FIERRO FUNDIDO DÚCTIL CON O SIN PRESIÓN - PRESCRIPCIONES GENERALES ..... | 269    |



MINISTERIO DEL AGUA  
VICEMINISTERIO DE SERVICIOS BÁSICOS

## **Tuberías de fierro fundido dúctil, uniones y accesorios para líneas de tubería de presión**

Primera revisión

ICS 77.140.75 Canalizaciones y tubos de acero para usos específicos

Abril 2007



Ministerio del Agua  
Viceministerio de  
Servicios Básicos



## Prefacio

La revisión y actualización de la Norma Boliviana **NB 645-07 “Tuberías de fierro fundido dúctil, uniones y accesorios para líneas de tubería de presión (Primera revisión)”**, ha sido encomendada al Comité Técnico de Normalización **CTN 12.17 “Tuberías y accesorios metálicos”**.

Las instituciones y representantes que participaron fueron los siguientes:

| <b>REPRESENTANTE</b> | <b>INSTITUCIÓN</b>    |
|----------------------|-----------------------|
| Reynaldo Villalba    | UNI/VSB (Coordinador) |
| Luís Víctor Rico     | ABIS                  |
| José Luís Castagné   | ABIS                  |
| Grover Rivera        | IIS-UMSA              |
| José Díaz            | IIS-UMSA              |
| Ronny Vega           | ANESAPA               |
| Leonardo Cuaquira    | CONSULTOR             |
| Fernando Inchauste   | CONSULTOR             |
| Humberto Obleas      | CONSULTOR             |
| Patricia Ancalle     | CONSULTOR             |
| Gonzalo Dalence E.   | IBNORCA               |

Fecha de aprobación por el Comité Técnico de Normalización 2007-02-12

Fecha de aprobación por el Consejo Rector de Normalización 2007-03-29

Fecha de aprobación por la Junta Directiva del IBNORCA 2007-04-13



## Informe

La actualización de esta Norma fue realizada por el Viceministerio de Servicios Básicos/ Ministerio del Agua, a la cabeza del Ing. Alcides Franco Torrico, Viceministro de Servicios Básicos, con financiamiento del Proyecto de Asistencia Técnica/ASDI y la supervisión de la Unidad de Normas e Institucionalidad del Viceministerio de Servicios Básicos.

Esta Norma ha sido elaborada en el marco de una consultoría y su revisión y aprobación fueron realizadas por el Comité Técnico de Normalización CTN 12.17.

Asimismo, la revisión de esta Norma se realizó en talleres técnicos regionales en las ciudades de Cochabamba, Santa Cruz y La Paz, con la participación y el aporte de los siguientes profesionales e instituciones:

### VALLE

|                  |                   |                   |                     |
|------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Severo Vega      | ABIS – Cochabamba | Edgar Armaza      | SEMAPA              |
| Jhony Pérez      | ABIS – Cochabamba | Carlos Peláez     | SEMAPA              |
| Marcelo Crespo   | ABIS – Cochabamba | Jorge Heredia     | SEMAPA              |
| Julio Fuentes    | ABIS – Cochabamba | Leonardo Salinas  | SEMAPA              |
| J. Carlos Guzmán | GM – Cochabamba   | Vanessa Selaya    | SEMAPA              |
| Cristian Cuellar | GM – Cochabamba   | Vladimir Valda    | ELAPAS – Sucre      |
| Franco Burgulla  | GM – Quillacollo  | Edgar A. Nava     | ELAPAS – Sucre      |
| Eduard Montalvo  | GM – Tapacarí     | Marcelo Encalada  | FUNDACION SODIS     |
| Jorge P. Vargas  | GM – Tapacarí     | Leonardo Anaya    | AGUILAR & ASOCIADOS |
| Julio Mercado    | GM – Colcapirhua  | Edwing Miranda    | FHI                 |
| Luis Coca        | FPS – Cochabamba  | Franklin Antezana | EMPROCIV SRL        |
| Jenny Rojas      | CASA – UMSS       | Oscar Zelada      | EMPRESIB            |
| Fernando Pérez   | AMDECO            | Wilfredo Veizaga  | MONTERREY SRL       |
| Ronald Baldellon | MACOTI            | José Veizaga      | MONTERREY SRL       |
| Mirtha Baptista  | CONSULTORA        | Marcelo Calizaya  | CONSULTOR           |

### TRÓPICO

|                    |                     |                    |                    |
|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Marco A. Gutiérrez | VSb – PROAT         | Rolando de Chazal  | SAGUAPAC           |
| Alexis Meruvia     | VSb – PROAT         | Milton Von Borries | SAGUAPAC           |
| Eduardo Ugarteche  | ABIS Santa Cruz     | Erwin Medrano      | SAGUAPAC           |
| Guido Casso        | SIB Santa Cruz      | Roberto Cruz       | ACSAACRUZ          |
| Mauricio Flores    | SIB Santa Cruz      | Eladio Arequino    | COOP. SAJUBA       |
| Luisa Dorado       | PREFECTURA SCZ      | Ciriaco Coro       | COOP. SAJUBA       |
| Saud Yuja Gomez    | GM Trinidad, Beni   | Teresa Romero      | COOP. SAJUBA       |
| Ramiro Plaza       | FPS Santa Cruz      | Luis Bravo         | COOP. EL CARMEN    |
| Eduardo Cuestas    | FPS Santa Cruz      | Ariel Méndez       | COOP. COSPOL       |
| Germán Palenque    | UAGRM               | David Saavedra     | COOP. COSPOL       |
| Efraín Capobianco  | UAGRM – SIMAC       | José A. Chacón     | COSIMBO LTDA       |
| Juan E. Ribera     | UAGRM – SIMAC       | Rubén Angulo       | RAS – AVALUOS      |
| Silvana Balcázar   | CADECO – Santa Cruz | Mario E. Sandy     | PLAN INTERNACIONAL |
| José L. Padilla    | CONSULTOR           |                    |                    |

**ALTIPLANO**

|                    |                |                     |                     |
|--------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| Marco A. Gutiérrez | VSB – PROAT    | Carlos España       | UMSA Postgrado      |
| Alexis Meruvia     | VSB – PROAT    | Ángel Aliaga        | UMSA – IIH          |
| Víctor Rico        | ABIS – La Paz  | Gualberto Gutiérrez | UTO                 |
| Jose L. Castagné   | ABIS – La Paz  | Armando Garnica     | UTO                 |
| Orlando Camacho    | ABIS – La Paz  | Amilkar Ilaya       | UTO                 |
| Oswaldo Sánchez    | ABIS – La Paz  | Lina Fernández      | UTO                 |
| Iván Bolívar       | PREFECTURA LP  | José Huanca         | CARITAS             |
| Marcial Medina     | PREFECTURA LP  | Adolfo Gallardo     | ISERV ARQUITECTURA  |
| Edson Aranibar     | PREFECTURA LP  | Israel Antequera    | GREGORY MORRIS      |
| Carlos R. Morales  | PREFECTURA PT  | Daly Salvatierra    | AGUILAR & ASOCIADOS |
| Marco A. Gómez     | PREFECTURA PT  | Marvin Botello      | PLAMAT S.A.         |
| Ronald Beltrán     | GM – La Paz    | Gonzalo Vargas      | PLASMAR S.A.        |
| Carlos García      | GM – La Paz    | Oscar Quiroga       | PLASMAR S.A.        |
| Ramiro Encinas     | FPS – Nacional | Marcelo Barrero     | SUMINDUS            |
| Eufracio Choque    | FPS – La Paz   | Alfonso Pomarino    | CONSULTOR           |
| Alexandra Sandi    | FPS – La Paz   | Francisco Alvizuri  | CONSULTOR           |
| Ingrid Vásquez     | FNDR           | Juan C. Fernández   | CONSULTOR           |
| Hugo Jiménez       | SISAB          | Humberto Cordero    | CONSULTOR           |
| Roger Yugar        | PROAGUAS       | Leonardo Cuaquira   | CONSULTOR           |
| Juan Correa        | AAPOS – Potosí |                     |                     |

**ELABORACIÓN:**

|                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| Fernando Inchauste Morales | Consultor principal |
| Humberto Obleas Arandia    | Consultor           |
| Patricia Ancalle Mamani    | Consultora          |

**FINANCIADOR:**

Agencia Sueca de Cooperación para el  
para el Desarrollo Internacional (Asdi)

# ÍNDICE

|                                                                                                                             | Página    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>0 INTRODUCCIÓN .....</b>                                                                                                 | <b>19</b> |
| 0.1 Sistema de unidades .....                                                                                               | 19        |
| 0.2 Variables .....                                                                                                         | 19        |
| 0.3 Abreviaturas.....                                                                                                       | 20        |
| <b>1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN .....</b>                                                                                 | <b>20</b> |
| <b>2 REFERENCIAS .....</b>                                                                                                  | <b>20</b> |
| <b>3 DEFINICIONES .....</b>                                                                                                 | <b>20</b> |
| 3.1 Diámetro nominal.....                                                                                                   | 21        |
| <b>4 CLASIFICACIÓN.....</b>                                                                                                 | <b>21</b> |
| 4.1 Por su fabricación .....                                                                                                | 21        |
| 4.2 Por su forma .....                                                                                                      | 21        |
| 4.3 Por su diámetro .....                                                                                                   | 21        |
| <b>5 PROPIEDADES.....</b>                                                                                                   | <b>21</b> |
| 5.1 Calidad de las tuberías y accesorios .....                                                                              | 21        |
| 5.2 Recubrimiento.....                                                                                                      | 22        |
| <b>6 ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS .....</b>                                                                  | <b>22</b> |
| 6.1 Tuberías.....                                                                                                           | 22        |
| 6.1.1 Tipos .....                                                                                                           | 22        |
| 6.1.1.1 Tubería con extremos espiga y campana.....                                                                          | 22        |
| 6.1.1.2 Tubería con bridas .....                                                                                            | 23        |
| 6.1.2 Dimensiones .....                                                                                                     | 23        |
| 6.1.2.1 Espesor normal de tuberías.....                                                                                     | 23        |
| 6.1.2.2 Tubería con extremos espiga y campana.....                                                                          | 24        |
| 6.1.2.3 Tubería con bridas .....                                                                                            | 26        |
| 6.1.3 Tolerancias.....                                                                                                      | 30        |
| 6.1.3.1 Tolerancias en el espesor .....                                                                                     | 30        |
| 6.1.3.2 Tolerancias en longitud .....                                                                                       | 30        |
| 6.1.3.3 Tolerancias de rectitud de las tuberías de fundición centrífuga.....                                                | 30        |
| 6.1.3.4 Tolerancia en peso.....                                                                                             | 30        |
| 6.1.3.5 Tuberías con extremos espiga y campana, tolerancia<br>relacionada a la longitud .....                               | 31        |
| 6.1.3.6 Tuberías con bridas, tolerancia relacionada a la longitud.....                                                      | 31        |
| 6.2 Uniones .....                                                                                                           | 31        |
| 6.2.1 Tipos .....                                                                                                           | 31        |
| 6.2.2 Dimensiones y tolerancias.....                                                                                        | 32        |
| 6.3 Bridas.....                                                                                                             | 32        |
| 6.3.1 Tipos .....                                                                                                           | 33        |
| 6.3.2 Tolerancias.....                                                                                                      | 33        |
| 6.3.2.1 Tolerancia de espesor.....                                                                                          | 33        |
| 6.3.2.2 Tolerancia con relación a los diámetros.....                                                                        | 33        |
| 6.3.2.3 Tolerancias de altura de la cara de la junta con resalte.....                                                       | 35        |
| 6.3.2.4 Tolerancia de las perforaciones de la brida .....                                                                   | 35        |
| 6.3.2.5 Tolerancia de paralelismo de la superficie de apoyo de los<br>pernos con relación a la superficie de la junta ..... | 35        |

|          |                                                                                   |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6.3.3    | Dimensiones .....                                                                 | 35        |
| 6.3.3.1  | Dimensiones de las perforaciones para los pernos.....                             | 35        |
| 6.3.3.2  | Dimensiones y detalles de las perforaciones de bridas PN 10.....                  | 36        |
| 6.3.3.3  | Dimensiones y detalles de las perforaciones de bridas PN 16.....                  | 39        |
| 6.3.3.4  | Dimensiones y detalles de las perforaciones de bridas PN 25.....                  | 42        |
| 6.3.3.5  | Dimensiones y detalles de las perforaciones de bridas PN 40.....                  | 46        |
| 6.4      | Accesorios .....                                                                  | 49        |
| 6.4.1    | Tipos .....                                                                       | 50        |
| 6.4.2    | Ensayo de control de estanqueidad en fábrica.....                                 | 51        |
| 6.4.3    | Tolerancias.....                                                                  | 51        |
| 6.4.3.1  | Tolerancias en espesor.....                                                       | 51        |
| 6.4.3.2  | Tolerancias en longitud .....                                                     | 51        |
| 6.4.3.3  | Diferencia en las longitudes útiles normalizadas.....                             | 52        |
| 6.4.3.4  | Tolerancia en peso.....                                                           | 52        |
| 6.4.4    | Dimensiones .....                                                                 | 53        |
| 6.4.4.1  | Espesor normal de accesorios .....                                                | 53        |
| 6.4.4.2  | Adaptador brida-campana .....                                                     | 53        |
| 6.4.4.3  | Adaptador brida-espiga .....                                                      | 55        |
| 6.4.4.4  | Adaptador campana - campana .....                                                 | 56        |
| 6.4.4.5  | Codo de 1/4 de doble extremo campana .....                                        | 57        |
| 6.4.4.6  | Codo de 1/8 de doble extremo campana .....                                        | 58        |
| 6.4.4.7  | Codo de 1/16 de doble extremo campana .....                                       | 60        |
| 6.4.4.8  | Codo de 1/32 de doble extremo campana .....                                       | 61        |
| 6.4.4.9  | Te doble extremo campana con ramal en brida - DN 40 a DN 200 .....                | 62        |
| 6.4.4.10 | Te doble extremo campana con ramal en brida – DN 250 a DN 600 .....               | 63        |
| 6.4.4.11 | Te doble extremo campana con ramal en brida – DN 700 a DN 1 200 .....             | 64        |
| 6.4.4.12 | Te doble extremo campana con ramal en brida – DN 1 400 a DN 2 600 .....           | 65        |
| 6.4.4.13 | Te con todos los extremos campana .....                                           | 66        |
| 6.4.4.14 | Cono de doble extremo campana.....                                                | 68        |
| 6.4.4.15 | Cono de doble extremo brida .....                                                 | 70        |
| 6.4.4.16 | Brida ciega PN 10.....                                                            | 71        |
| 6.4.4.17 | Brida ciega PN 16.....                                                            | 73        |
| 6.4.4.18 | Brida ciega PN 25.....                                                            | 74        |
| 6.4.4.19 | Brida ciega PN 40.....                                                            | 74        |
| 6.4.4.20 | Brida de reducción PN 10.....                                                     | 75        |
| 6.4.4.21 | Brida de reducción PN 16.....                                                     | 76        |
| 6.4.4.22 | Brida de reducción PN 25.....                                                     | 77        |
| 6.4.4.23 | Brida de reducción PN 40.....                                                     | 78        |
| 6.4.4.24 | Codo de 1/4 de doble extremo brida .....                                          | 78        |
| 6.4.4.25 | Codo de pie pato de 1/4 de doble extremo brida.....                               | 79        |
| 6.4.4.26 | Codo de 1/8 de doble extremo brida .....                                          | 80        |
| 6.4.4.27 | Te de tres bridas, para DN 40 a DN 200.....                                       | 82        |
| 6.4.4.28 | Te de tres bridas, para DN 250 a DN 600.....                                      | 83        |
| 6.4.4.29 | Te de tres bridas, para DN 700 a DN 1 000.....                                    | 84        |
| 6.4.4.30 | Te de tres bridas, para DN 1 200 a DN 2 000.....                                  | 86        |
| 6.4.4.31 | Te de tres bridas, para DN 2 200 a DN 2 600.....                                  | 87        |
| 6.4.4.32 | Te de tres bridas para nuevos materiales transformables,<br>DN 250 a DN 600 ..... | 88        |
| 6.5      | Simbología.....                                                                   | 90        |
| <b>7</b> | <b>MÉTODOS DE ENSAYO.....</b>                                                     | <b>91</b> |
| 7.1      | Actividades preliminares y tipos de ensayo.....                                   | 91        |
| 7.1.1    | Actividades preliminares.....                                                     | 91        |

|                                                                                       |                                                                   |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| 7.1.2                                                                                 | Tipos de ensayos.....                                             | 91        |
| 7.2                                                                                   | Ensayo de tracción .....                                          | 91        |
| 7.2.1                                                                                 | Resumen del método.....                                           | 91        |
| 7.2.2                                                                                 | Muestreo.....                                                     | 91        |
| 7.2.2.1                                                                               | Tuberías fabricadas por fundición centrífuga .....                | 91        |
| 7.2.2.2                                                                               | Tuberías y accesorios fabricados por fundición no centrífuga..... | 91        |
| 7.2.3                                                                                 | Preparación de la probeta .....                                   | 92        |
| 7.2.3.1                                                                               | Probeta para tuberías de fundición centrífuga.....                | 92        |
| 7.2.3.2                                                                               | Probeta para tuberías y accesorios no centrifugados .....         | 92        |
| 7.2.4                                                                                 | Procedimiento.....                                                | 93        |
| 7.2.5                                                                                 | Interpretación de resultados .....                                | 93        |
| 7.3                                                                                   | Ensayo de dureza Brinell.....                                     | 94        |
| 7.3.1                                                                                 | Resumen del método.....                                           | 94        |
| 7.3.2                                                                                 | Muestreo.....                                                     | 94        |
| 7.3.3                                                                                 | Preparación de la probeta .....                                   | 94        |
| 7.3.4                                                                                 | Procedimiento.....                                                | 94        |
| 7.3.5                                                                                 | Interpretación de resultados .....                                | 94        |
| 7.4                                                                                   | Ensayo de presión máxima de trabajo y de presión interna.....     | 94        |
| 7.4.1                                                                                 | Resumen del método.....                                           | 94        |
| 7.4.2                                                                                 | Muestreo.....                                                     | 94        |
| 7.4.3                                                                                 | Preparación de la probeta .....                                   | 94        |
| 7.4.4                                                                                 | Procedimiento.....                                                | 95        |
| 7.4.5                                                                                 | Interpretación de resultados .....                                | 95        |
| 7.5                                                                                   | Repetición de pruebas.....                                        | 96        |
| 7.6                                                                                   | Rechazo.....                                                      | 96        |
| <b>8</b>                                                                              | <b>INSPECCIONES Y CERTIFICACIONES .....</b>                       | <b>96</b> |
| 8.1                                                                                   | Inspección.....                                                   | 96        |
| 8.2                                                                                   | Certificado de cumplimiento o análisis certificado .....          | 96        |
| <b>9</b>                                                                              | <b>MARCADO Y ROTULADO .....</b>                                   | <b>96</b> |
| 9.1                                                                                   | Marcado y rotulado .....                                          | 96        |
| <b>Anexo A (Informativo) Detalle de tuberías, uniones y accesorios más utilizados</b> |                                                                   | <b>99</b> |



## Tuberías de fierro fundido dúctil, uniones y accesorios para líneas de tubería de presión

### 0 INTRODUCCIÓN

#### 0.1 Sistema de unidades

|                 |                        |
|-----------------|------------------------|
| %               | porcentaje             |
| °               | grado sexagesimal      |
| m               | metro                  |
| m <sup>3</sup>  | metro cúbico           |
| mm              | milímetro              |
| mm <sup>2</sup> | milímetro cuadrado     |
| kg              | kilogramo              |
| t               | tonelada               |
| s               | segundo                |
| N               | Newton                 |
| Pa              | Pascal                 |
| Bar             | 10 <sup>5</sup> Pascal |

#### 0.2 Variables

|                                 |                                                                 |              |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------|
| a                               | Ancho de brida ciega                                            | mm           |
| b                               | Tolerancia de espesor de brida                                  | mm           |
| b <sub>1</sub>                  | Tolerancia de espesor de brida (móvil)                          | mm           |
| C                               | Ancho de brida (fija)                                           | mm           |
| C <sub>1</sub>                  | Ancho de brida (móvil)                                          | mm           |
| c                               | Altura de la cara de la junta con resalte (brida ciega)         | mm           |
| c <sub>1</sub>                  | Altura de la cara de la junta con resalte (brida de reducción)  | mm           |
| c <sub>2</sub>                  | Altura de la cara de reducción con resalte (brida de reducción) | mm           |
| D                               | Diámetro de la brida                                            | mm           |
| d <sub>1</sub>                  | Diámetro de la cara de junta con resalte (fija)                 | mm           |
| d <sub>2</sub>                  | Diámetro de la cara de junta con resalte (móvil)                | mm           |
| DE                              | Diámetro exterior, véase 6.1.2                                  | mm           |
| e                               | Espesor normal de la pared, véanse 6.1.2 y 6.4                  | mm           |
| e <sub>1</sub> , e <sub>2</sub> | Espesor normal de la pared menor, véase 6.4                     | mm           |
| f <sub>1</sub>                  | Altura de la cara de la junta con resalte (fija)                | mm           |
| f <sub>2</sub>                  | Altura de la cara de la junta con resalte (móvil)               | mm           |
| f <sub>m</sub>                  | flecha máxima de la tubería                                     | mm           |
| h                               | Altura de accesorios, véase 6.4                                 | mm           |
| HB                              | Dureza superficial Brinell                                      | adimensional |
| k                               | Coefficiente para determinar espesor de pared                   | adimensional |



|            |                                                                            |                   |
|------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| K          | Diámetro del círculo de los centros de las perforaciones de paso en bridas | mm                |
| L          | Longitud útil normal de tuberías, accesorios                               | m (mm)            |
| $L_2$      | Diámetro de la perforación en brida                                        | mm                |
| p          | Presión de ensayo hidrostático                                             | Bar               |
| PN         | Presión nominal                                                            | Bar               |
| $R_m$      | Resistencia mínima a la tracción                                           | N/mm <sup>2</sup> |
| $R_{p0,2}$ | Límite mínimo de elasticidad a 0,2%                                        | N/mm <sup>2</sup> |
| s          | Ancho de la cara de la junta de resalte (fija)                             | mm                |
| t          | Longitud de accesorios, véase 3.4                                          | mm                |

### 0.3 Abreviaturas

|     |                                                |
|-----|------------------------------------------------|
| DN  | Diámetro nominal                               |
| FFD | Fierro fundido dúctil                          |
| ISO | International Organization for Standardization |
| M   | Grado de los pernos para bridas                |

## 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece determinaciones referentes a sus dimensiones, tolerancias, especificaciones, ensayos, inspecciones, certificaciones, empaque, envío y rotulado.

Esta norma se aplica a: Tuberías de fierro fundido dúctil fabricadas por medio de fundición centrífuga en moldes metálicos con o sin superficie de recubrimiento interior; fundición centrífuga en moldes de arena; fundición en moldes de arena; o fundición en moldes metálicos. Asimismo para los accesorios de fierro fundido dúctil fabricados por fundición en moldes de arena; o fundición en moldes metálicos.

La norma se aplica a tuberías y accesorios que son sometidos a presión de agua y a otros líquidos.

## 2 REFERENCIAS

Las normas de referencia que se presentan, contienen disposiciones y requisitos que son parte de esta norma y se consideran valederas para la presente norma.

En caso de conflicto prevalecerá lo establecido en esta norma.

|           |                                                                                                                                                       |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ISO 13    | Grey iron pipes, special catings and grey iron parts for pressure main lines.                                                                         |
| ISO 2 531 | Ductile Iron Pipers, Fittings and Accesories for Presure Pipelines. Tubos, empalmes y accesorios de fundición dúctil para canalizaciones con presión  |
| ISO 4 179 | Tubos de fundición dúctil para canalizaciones con o sin presión – Revestimiento interno de mortero de cemento centrifugado – Prescripciones generales |
| ISO 6 506 | Metallic materials - Hardness test - Brinell test.                                                                                                    |
| ISO 6 600 | Tubos de fundición dúctil - Revestimiento interno con mortero de cemento centrifugado - Control de composición del mortero recién aplicado.           |
| ISO 6 708 | Pipe components - Definition of nominal size. Elementos de tuberías definición del diámetro nominal                                                   |
| ISO 7 186 | Tubos y accesorios de fundición dúctil para canalizaciones sin presión.                                                                               |

## 3 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta norma, se aplican las siguientes definiciones:

### **3.1 Diámetro nominal**

Para los propósitos de esta norma se aplicará la definición de diámetro nominal (DN) que se establece en la norma ISO 6 708.

## **4 CLASIFICACIÓN**

### **4.1 Por su fabricación**

Por la forma de fabricación se tiene a:

a) Tuberías de fierro fundido dúctil fabricadas por medio de uno de los siguientes procesos:

- Fundición centrífuga en moldes metálicos con o sin superficie de recubrimiento interior;
- Fundición centrífuga en moldes de arena;<sup>1</sup>
- Fundición en moldes de arena;
- Fundición en moldes metálicos;

b) Accesorios de fierro fundido dúctil fabricados por cualquiera de los siguientes dos (2) procesos:

- Fundición en moldes de arena;
- Fundición en moldes metálicos.

### **4.2 Por su forma**

Las tuberías y accesorios varían por su tipo de unión.

Estas especificaciones se refieren, a uniones para tuberías y accesorios (campana / espiga) con material elastomérico y a uniones con brida, las que pueden ser fijas o móviles.

Se puede aplicar a tuberías y accesorios que tengan otros tipos de unión como las uniones de recorrido calafateado.

### **4.3 Por su diámetro**

Las tuberías se fabrican en función de sus diámetros nominales, el intervalo se extiende desde un diámetro nominal DN 40 hasta un diámetro nominal DN 2 600.

## **5 PROPIEDADES**

### **5.1 Calidad de las tuberías y accesorios**

Una vez realizado el proceso de fundición, las tuberías y accesorios de fierro fundido se pueden someter, en caso que sea necesario, a un tratamiento térmico adecuado con el propósito que obtengan las características mecánicas requeridas.

Las tuberías y accesorios no deben presentar ningún defecto que pueda perjudicar su utilización.

---

<sup>1</sup> La expresión de arena hace referencia a arena u otros materiales de base mineral empleados en la fundición, sin tener en cuenta el tipo de aglutinante.

Las tuberías y accesorios que presenten pequeñas imperfecciones, inevitables como consecuencia del mismo proceso de fabricación no deben ser rechazadas siempre y cuando no afecten de ninguna manera su uso posterior. Bajo su propia responsabilidad, el fabricante puede reparar pequeñas imperfecciones superficiales de una manera adecuada.

Previo consentimiento del cliente o su representante, pueden corregirse determinados defectos mediante un proceso previamente aprobado como el de soldadura. En tales casos, el cliente puede solicitar la realización de alguno de los ensayos que se describen más adelante.

Las tuberías deben aceptar los procesos de corte, taladrado o ser pasibles a efectos mecánicos; en caso de desacuerdo se considerarán aceptables siempre y cuando su dureza superficial no exceda el valor de 230 HB (véase 7.3). La dureza superficial de los accesorios no debe ser superior a los 250 HB.<sup>2</sup>

## **5.2 Recubrimiento**

A menos que se especifique de diferente manera, todas las tuberías y accesorios deben estar recubiertos tanto interna como externamente.

El recubrimiento debe secar rápidamente, tener una buena adherencia y no formar escamas. El recubrimiento interno no debe contener elementos solubles en el agua o ingredientes que puedan ocasionar olor o sabor al agua después de un lavado apropiado de las tuberías. En el caso de las tuberías para transporte del agua o de fluidos destinados a la alimentación, el recubrimiento interno no debe contener elementos tóxicos.

Los criterios relacionados con el revestimiento para los diferentes tipos de fundiciones, son los que se presentan en la norma ISO 13, para las tuberías y accesorios de fierro fundido.

Las especificaciones técnicas relacionadas con los recubrimientos internos con mortero de cemento para las tuberías, son las establecidas en las normas ISO 4 179 e ISO 6 600.

## **6 ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

### **6.1 Tuberías**

Las tuberías se encuentran en función de un intervalo de diámetros nominales (DN), que se extienden desde un diámetro nominal DN 40 hasta un diámetro nominal DN 2 600.

El DN 60, que se indica entre paréntesis en las tablas existe en algunos países, sin embargo es recomendable, en tanto sea posible, se reemplace por DN 65.

#### **6.1.1 Tipos**

Esta norma especifica los siguientes tipos de tubería de fierro fundido dúctil:

##### **6.1.1.1 Tubería con extremos espiga y campana**

###### **a) Generalidades**

En esta norma se define (véase tabla 6.2) la gama de tuberías de fierro fundido dúctil que satisface la mayor parte de las necesidades comunes, en particular con relación al transporte y distribución del agua.

---

<sup>2</sup> En el caso de que las tuberías o accesorios se fabriquen con elementos soldados, se admite una mayor dureza ocal en los emplazamientos de las soldaduras

El espesor de las tuberías se encuentra definido en función de su diámetro mediante una fórmula lineal, tal como define la norma ISO 13 para las tuberías de fierro fundido. Si se presentan exigencias o requerimientos particulares, se puede considerar otra gama de tuberías que tengan espesores de pared más anchas o más delgadas.

La tabla 6.2 define las tuberías de extremos espiga y campana de fierro fundido dúctil empleadas en el transporte y distribución de agua. Se aplica igualmente a las tuberías de doble extremo espiga.

### 6.1.1.2 Tubería con bridas

#### a) Generalidades

En esta norma se definen seis tipos de tuberías con bridas de fierro fundido dúctil en función del espesor y la forma como van acopladas las bridas a la tubería:

- Tuberías con bridas incorporadas (véanse figura 6.2 y tabla 6.3),
- Tuberías con bridas soldadas (de casquillo para soldar) (véanse figura 6.2 y tabla 6.3),
- Tuberías con bridas superpuestas, ya sean roscadas (véanse la figura 6.3 y tabla 6.4),
- Tuberías con bridas de deslizamiento para soldar (véanse figura 6.3 y tabla 6.4).

El diseño de la impermeabilidad a las fugas en las bridas roscadas se deja a elección del fabricante.

### 6.1.2 Dimensiones

#### 6.1.2.1 Espesor normal de tuberías

El espesor normal en tuberías de fierro fundido, se determina en función del diámetro nominal mediante la siguiente fórmula:

$$e = k (0,5 + 0,001 \text{ DN})$$

donde:

- e: espesor normal de la pared, en mm;  
 DN: diámetro nominal;  
 k: coeficiente elegido entre una serie de números enteros (... , 9, 10, 11, 12,...), tal como se establece en 6.1.2.2, 6.1.2.3, y 6.4.4.1.

- k = 9 (véase tabla 6.2),  
 k = 9; 12; 14 (véase tabla 6.3),  
 k = 9; 10; 12 (véase tabla 6.4),

Cuando sea necesario, cada especificación particular indica una fórmula adicional aplicable a piezas de diámetro reducido.

El diámetro externo de las tuberías, expresado en milímetros, se determina en función del diámetro nominal e independientemente del espesor de la pared de la tubería. El incremento o disminución del espesor de la pared de la tubería se obtiene modificando el diámetro real interno.

### 6.1.2.2 Tubería con extremos espiga y campana

#### a) Espesor

El espesor (e) de hierro fundido, (véase figura 6.1) se determina en función del diámetro nominal DN, empleando la fórmula que se describe en 6.1.2.1, considerando el valor  $k = 9$ ; bajo lo siguiente:

$$e = 4,5 + 0,009 \text{ DN}$$

Sin embargo, para las tuberías DN 40 a DN 200 el espesor se calcula mediante la fórmula:

$$e = 5,8 + 0,003 \text{ DN}$$

con un valor de e, mínimo de 6 mm.

donde:

e: Espesor nominal de la pared, en mm

DN: Diámetro nominal de la tubería, adimensional

#### b) Longitud útil normal

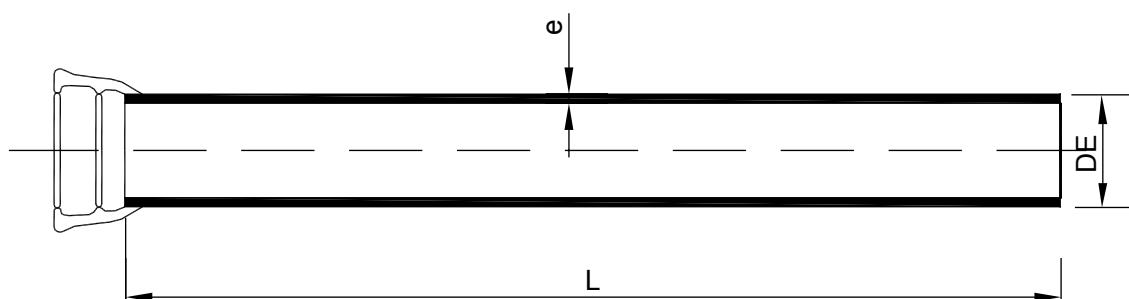
Las longitudes útiles normales de las tuberías de extremos espiga y campana se describen en tabla 6.1.

**Tabla 6.1 - Longitud útil normal**

| Diámetro nominal<br>DN |   |    |         | Longitud útil normal (L)<br>m |
|------------------------|---|----|---------|-------------------------------|
| 40                     | ≤ | DN | ≤ 65    | 2 - 3 - 4 - 5 - 5,5 - 6       |
| 80                     | ≤ | DN | ≤ 500   | 4 - 5 - 5,5 - 6               |
| 600                    | ≤ | DN | ≤ 2 600 | 4 - 5 - 5,5 - 6 - 7 - 8 - 9   |

#### NOTA

No todos los valores de longitud útil normal se encuentran disponibles en todos los proveedores; por tanto, no se pueden exigir ni solicitar.



**Figura 6.1 - Tubería con extremos espiga y campana**

**c) Dimensiones y pesos para tuberías clase k = 9**

En tabla 6.2, se establecen las características que deben cumplir este tipo de tuberías en función a lo establecido en figura 6.1, donde:

$e = 5,8 + 0,003 \text{ DN}$ , con un valor mínimo de 6 mm para DN 40 a DN 200, y

$e = 4,5 + 0,009 \text{ DN}$ , para DN 250 a DN 2 600

**Tabla 6.2 - Características de las tuberías con extremos espiga y campana**

| Diámetro Nominal (DN) | Cuerpo  |        |                        | Peso del encaje (aprox) kg | Peso total (aproximado) para una longitud útil (L) de: |       |       |       |         |        |        |        |        |
|-----------------------|---------|--------|------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------|-------|-------|-------|---------|--------|--------|--------|--------|
|                       | (DE) mm | (e) mm | Peso por ml (aprox) kg |                            | 2m kg                                                  | 3m kg | 4m kg | 5m kg | 5,5m kg | 6m kg  | 7m kg  | 8m kg  | 9m kg  |
| 40                    | 56      | 6,0    | 6,6                    | 1,7                        | 15,0                                                   | 21,5  | 28,0  | 34,5  | 38,0    | 41,5   |        |        |        |
| 50                    | 66      | 6,0    | 8,0                    | 2,1                        | 18,0                                                   | 26,0  | 34,0  | 42,0  | 46,0    | 50,0   |        |        |        |
| (60)                  | 77      | 6,0    | 9,4                    | 2,5                        | 21,5                                                   | 30,5  | 40,0  | 49,5  | 54,0    | 59,0   |        |        |        |
| 65                    | 82      | 6,0    | 10,1                   | 2,7                        | 23,0                                                   | 33,0  | 43,0  | 53,0  | 58,5    | 63,5   |        |        |        |
| 80                    | 98      | 6,0    | 12,2                   | 3,4                        |                                                        |       | 52,0  | 64,5  | 70,5    | 76,5   |        |        |        |
| 100                   | 118     | 6,1    | 15,1                   | 4,3                        |                                                        |       | 64,5  | 80,0  | 87,5    | 95,0   |        |        |        |
| 125                   | 144     | 6,2    | 18,9                   | 5,7                        |                                                        |       | 81,5  | 100   | 110     | 119    |        |        |        |
| 150                   | 170     | 6,3    | 22,8                   | 7,1                        |                                                        |       | 98,5  | 121   | 133     | 144    |        |        |        |
| 200                   | 222     | 6,4    | 30,6                   | 10,3                       |                                                        |       | 133   | 163   | 179     | 194    |        |        |        |
| 250                   | 274     | 6,8    | 40,2                   | 14,2                       |                                                        |       | 175   | 215   | 235     | 255    |        |        |        |
| 300                   | 326     | 7,2    | 50,8                   | 18,6                       |                                                        |       | 222   | 273   | 298     | 323    |        |        |        |
| 350                   | 378     | 7,7    | 63,2                   | 23,7                       |                                                        |       | 277   | 340   | 371     | 403    |        |        |        |
| 400                   | 429     | 8,1    | 75,5                   | 29,3                       |                                                        |       | 331   | 407   | 445     | 482    |        |        |        |
| 500                   | 532     | 9,0    | 104,3                  | 42,8                       |                                                        |       | 460   | 564   | 616     | 669    |        |        |        |
| 600                   | 635     | 9,9    | 137,3                  | 59,3                       |                                                        |       | 608   | 745   | 813     | 882    | 1 019  | 1 156  | 1 293  |
| 700                   | 738     | 10,8   | 173,9                  | 79,1                       |                                                        |       | 775   | 949   | 1 036   | 1 123  | 1 296  | 1 470  | 1 644  |
| 800                   | 842     | 11,7   | 215,2                  | 102,6                      |                                                        |       | 963   | 1 179 | 1 286   | 1 394  | 1 609  | 1 824  | 2 039  |
| 900                   | 945     | 12,6   | 260,2                  | 129,9                      |                                                        |       | 1 171 | 1 431 | 1 561   | 1 691  | 1 951  | 2 212  | 2 472  |
| 1 000                 | 1 048   | 13,5   | 309,3                  | 161,3                      |                                                        |       | 1 399 | 1 708 | 1 862   | 2 017  | 2 326  | 2 636  | 2 945  |
| 1 200                 | 1 255   | 15,3   | 420,1                  | 237,7                      |                                                        |       | 1 918 | 2 338 | 2 548   | 2 758  | 3 178  | 3 599  | 4 019  |
| 1 400                 | 1 462   | 17,1   | 547,2                  | 279,3                      |                                                        |       | 2 468 | 3 015 | 3 289   | 3 563  | 4 110  | 4 657  | 5 204  |
| 1 600                 | 1 668   | 18,9   | 690,3                  | 375,4                      |                                                        |       | 3 137 | 3 827 | 4 172   | 4 517  | 5 208  | 5 898  | 6 588  |
| 1 800                 | 1 875   | 20,7   | 850,1                  | 490,6                      |                                                        |       | 3 891 | 4 741 | 5 166   | 5 591  | 6 441  | 7 291  | 8 142  |
| 2 000                 | 2 082   | 22,5   | 1 026,3                | 626,4                      |                                                        |       | 4 732 | 5 758 | 6 271   | 6 784  | 7 811  | 8 837  | 9 863  |
| 2 200                 | 2 288   | 24,3   | 1 218,3                | 784,2                      |                                                        |       | 5 657 | 6 876 | 7 485   | 8 094  | 9 312  | 10 531 | 11 749 |
| 2 400                 | 2 495   | 26,1   | 1 427,2                | 966,2                      |                                                        |       | 6 675 | 8 102 | 8 816   | 9 529  | 10 957 | 12 384 | 13 811 |
| 2 600                 | 2 702   | 27,9   | 1 652,4                | 1 173,7                    |                                                        |       | 7 783 | 9 423 | 10 262  | 11 088 | 12 741 | 14 393 | 16 045 |

### 6.1.2.3 Tubería con bridas

#### a) Espesor

El espesor de pared “e” se determina en función del diámetro nominal DN empleando la fórmula lineal (véase 6.1.2.1).

$$e = k (0,5 + 0,001 \text{ DN})$$

donde:

k = 12 y 14 para el caso de tuberías con bridas incorporadas;

k = 10 y 12 para el caso de tuberías con bridas roscadas; y

k = 9 para tuberías con bridas soldadas (de casquillo para soldar o con deslizamiento para soldar).

Al igual que en el caso de tuberías con extremos espiga y campana, el espesor de pared para tuberías de diámetros pequeños se determina empleando la siguiente fórmula:

$$e = 5,8 + 0,003 \text{ DN (con un valor mínimo de 6 mm)}$$

aplicable a las tuberías DN 40 a DN 200, clase k = 9 y a los DN 40 a DN 125 para las tuberías clase k = 10.

Lo establecido en estas normas o, en su defecto, los catálogos de los fabricantes, deben especificar cual de los valores del coeficiente k deben emplearse en el cálculo de los espesores de pared para tuberías con bridas incorporadas y tuberías con bridas superpuestas.

De acuerdo con 6.3, se encuentran disponibles cuatro tipos de bridas, que corresponden a las presiones nominales PN 10, PN 16, PN 25 y PN 40, y pueden conectarse a tuberías de manera fija o móvil. La última configuración tiene la ventaja de hacer más fácil el montaje de la pieza fundida y el cambio de PN.

Además del espesor de pared, la tabla 6.3 y tabla 6.4 establecen el peso convencional por unidad de longitud, en kilogramos por metro, así como el peso unitario aproximado de la brida correspondiente, en kilogramos.

En caso de tuberías con bridas incorporadas o de bridas soldadas con casquillo (véanse la figura 6.2 y tabla 6.3), el peso unitario de la brida se ha incrementado considerando los espesores de conexión.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Clase } k = 9 \\ \text{Clase } k = 12 \\ \text{Clase } k = 14 \end{array} \right\} e = \left\{ \begin{array}{l} 5,8 + 0,003 \text{ DN, con valor mínimo de 6 mm, desde DN 40 a DN 200} \\ 4,5 + 0,009 \text{ DN, desde DN 250 a DN 2 600} \\ 6 + 0,012 \text{ DN, con valor mínimo de 7 mm, desde DN 40 a DN 2 600} \\ 7 + 0,014 \text{ DN, desde DN 40 a DN 2 600} \end{array} \right.$$

**Tabla 6.3 - Espesor de pared y pesos de tuberías con bridas  
incorporadas o soldadas con casquillo**

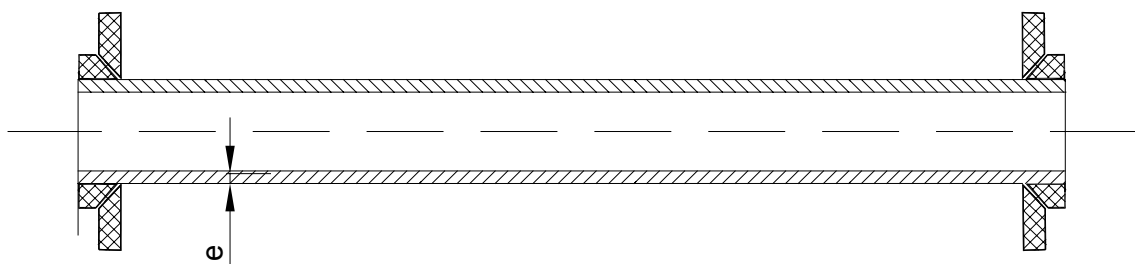
| Diámetro<br>nominal<br>DN | Cuerpo de la tubería |                                  |                      |                                  |                      |                                  | Brida                       |             |             |             |
|---------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                           | k = 9 <sup>1)</sup>  |                                  | k = 12 <sup>2)</sup> |                                  | k = 14 <sup>2)</sup> |                                  | Peso unitario <sup>3)</sup> |             |             |             |
|                           | e<br>mm              | Peso<br>por m.<br>lineal<br>kg/m | e<br>mm              | Peso<br>por m.<br>lineal<br>kg/m | e<br>mm              | Peso<br>por m.<br>lineal<br>kg/m | PN 10<br>kg                 | PN 16<br>kg | PN 25<br>kg | PN 40<br>kg |
| 40                        | 6                    | 6,6                              | 7                    | 7,6                              | 7,6                  | 8,1                              | 1,7                         | 1,7         | 1,7         | 1,7         |
| 50                        | 6                    | 8,0                              | 7                    | 9,1                              | 7,7                  | 9,9                              | 2,1                         | 2,1         | 2,1         | 2,1         |
| (60)                      | 6                    | 9,4                              | 7                    | 10,9                             | 7,8                  | 12,0                             | 2,2                         | 2,2         | 2,1         | 2,1         |
| 65                        | 6                    | 10,1                             | 7                    | 11,6                             | 7,9                  | 13,0                             | 2,5                         | 2,5         | 2,4         | 2,4         |
| 80                        | 6                    | 12,2                             | 7                    | 14,1                             | 8,1                  | 16,1                             | 2,9                         | 2,9         | 2,9         | 2,9         |
| 100                       | 6,1                  | 15,1                             | 7,2                  | 17,7                             | 8,4                  | 20,4                             | 3,3                         | 3,3         | 3,8         | 3,8         |
| 125                       | 6,2                  | 18,9                             | 7,5                  | 22,7                             | 8,8                  | 26,4                             | 4,0                         | 4,0         | 4,6         | 5,9         |
| 150                       | 6,3                  | 22,8                             | 7,8                  | 28,0                             | 9,1                  | 32,4                             | 4,9                         | 4,9         | 5,9         | 8,0         |
| 200                       | 6,4                  | 30,6                             | 8,4                  | 39,7                             | 9,8                  | 46,1                             | 6,8                         | 6,6         | 8,7         | 14,0        |
| 250                       | 6,8                  | 40,2                             | 9,0                  | 52,8                             | 10,5                 | 61,3                             | 9,6                         | 9,2         | 13,1        | 23,2        |
| 300                       | 7,2                  | 50,8                             | 9,6                  | 67,3                             | 11,2                 | 78,1                             | 12,8                        | 12,4        | 18,0        | 33,5        |
| 350                       | 7,7                  | 63,2                             | 10,2                 | 83,1                             | 11,9                 | 96,5                             | 14,1                        | 17,2        | 25,5        | -           |
| 400                       | 8,1                  | 75,5                             | 10,8                 | 100,0                            | 12,6                 | 116,2                            | 16,3                        | 21,9        | 33,2        | -           |
| 500                       | 9,0                  | 104,3                            | 12,0                 | 138,2                            | 14,0                 | 160,6                            | 21,8                        | 37,0        | 48,7        | -           |
| 600                       | 9,9                  | 137,1                            | 13,2                 | 181,8                            | 15,4                 | 211,3                            | 30,8                        | 57,3        | 71,5        | -           |
| 700                       | -                    | -                                | 14,4                 | 230,8                            | 16,8                 | 268,4                            | 40,5                        | 55,6        | -           | -           |
| 800                       | -                    | -                                | 15,6                 | 285,5                            | 18,2                 | 332,1                            | 54,8                        | 74,0        | -           | -           |
| 900                       | -                    | -                                | 16,8                 | 345,4                            | 19,6                 | 401,7                            | 64,3                        | 88,2        | -           | -           |
| 1 000                     | -                    | -                                | 18,0                 | 410,6                            | 21,0                 | 477,7                            | 81,4                        | 122,9       | -           | -           |
| 1 200                     | -                    | -                                | 20,4                 | 557,8                            | 23,8                 | 649,0                            | 120,9                       | 185,2       | -           | -           |
| 1 400                     | -                    | -                                | 22,8                 | 726,8                            | 26,6                 | 845,7                            | 147,8                       | 215,9       | -           | -           |
| 1 600                     | -                    | -                                | 25,2                 | 916,9                            | 29,4                 | 1 067,0                          | 206,4                       | 308,4       | -           | -           |
| 1 800                     | -                    | -                                | 27,6                 | 1 129,3                          | 32,2                 | 1 314,2                          | 236,3                       | 362,2       | -           | -           |
| 2 000                     | -                    | -                                | 30,0                 | 1 363,4                          | 35,0                 | 1 586,8                          | 279,4                       | 432,2       | -           | -           |
| 2 200                     | -                    | -                                | 32,4                 | 1 618,6                          | 37,8                 | 1 883,9                          | 345,6                       | 512,3       | -           | -           |
| 2 400                     | -                    | -                                | 34,8                 | 1 896,2                          | 40,6                 | 2 207,0                          | 398,8                       | 601,1       | -           | -           |
| 2 600                     | -                    | -                                | 37,2                 | 2 195,6                          | 43,4                 | 2 555,5                          | 436,9                       | 672,0       | -           | -           |

1) aplicable a tuberías centrifugadas con bridas soldadas con casquillo

2) aplicable a tuberías moldeadas con bridas incorporadas

3) ver la parte achurada de la figura 6.2.

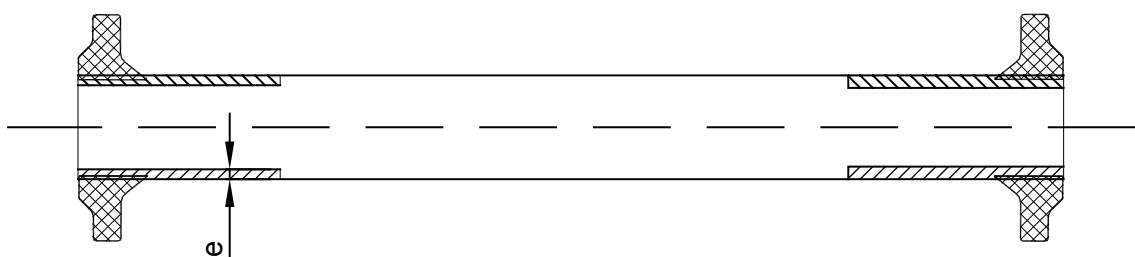




**Figura 6.2 - Tubería con bridas incorporadas o con bridas soldadas con casquillo**

Para las tuberías roscadas o con bridas soldadas con deslizamiento (véanse figura 6.3 y tabla 6.4), el peso unitario de la brida se ha incrementado en una cantidad que tiene en cuenta los espesores de conexión calculados a partir de una fórmula correspondiente al promedio de los valores utilizados en diferentes países.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Clase } k = 9 \\ \text{Clase } k = 10 \\ \text{Clase } k = 12 \end{array} \right\} e = \left\{ \begin{array}{l} 5,8 + 0,003 \text{ DN, con valor mínimo de 6 mm, de DN 40 a DN 200} \\ 4,5 + 0,009 \text{ DN, desde DN 250 a DN 2 600} \\ 5,8 + 0,003 \text{ DN, con valor mínimo de 6 mm, de DN 40 a DN 100} \\ 5 + 0,010 \text{ DN, desde DN 125 a DN 2 600} \\ 6 + 0,012 \text{ DN, desde DN 40 a DN 2 600} \end{array} \right.$$



**Figura 6.3 - Tubería con bridas roscadas o con bridas soldadas con deslizamiento**

**Tabla 6.4 - Espesor de pared y pesos de tuberías con bridas roscadas o soldadas con deslizamiento**

| Diámetro nominal<br>DN | Cuerpo de la tubería |                                  |                      |                                  |                      |                                  | Brida                            |             |             |             |
|------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                        | k = 9 <sup>1)</sup>  |                                  | k = 12 <sup>2)</sup> |                                  | k = 14 <sup>2)</sup> |                                  | Peso unitario <sup>3)</sup> (kg) |             |             |             |
|                        | e<br>mm              | Peso<br>por m.<br>lineal<br>kg/m | e<br>mm              | Peso<br>por m.<br>lineal<br>kg/m | e<br>mm              | Peso<br>por m.<br>lineal<br>kg/m | PN 10<br>kg                      | PN 16<br>kg | PN 25<br>kg | PN 40<br>kg |
| 40                     | 6                    | 6,6                              | 6                    | 6,6                              | 6,5                  | 7,1                              | 2,0                              | 2,0         | 2,0         | 2,0         |
| 50                     | 6                    | 8,0                              | 6                    | 8,0                              | 6,6                  | 8,7                              | 2,5                              | 2,5         | 2,5         | 2,5         |
| (60)                   | 6                    | 9,4                              | 6                    | 9,4                              | 6,7                  | 10,4                             | 2,7                              | 2,7         | 2,6         | 2,6         |
| 65                     | 6                    | 10,1                             | 6                    | 10,1                             | 6,8                  | 11,3                             | 3,0                              | 3,0         | 2,9         | 2,9         |
| 80                     | 6                    | 12,2                             | 6                    | 12,2                             | 7,0                  | 14,1                             | 3,5                              | 3,5         | 3,5         | 3,5         |
| 100                    | 6,1                  | 15,1                             | 6,1                  | 15,1                             | 7,2                  | 17,7                             | 4,0                              | 4,0         | 4,5         | 4,5         |
| 125                    | 6,2                  | 18,9                             | 6,3                  | 19,2                             | 7,5                  | 22,7                             | 5,0                              | 5,0         | 5,6         | 6,9         |
| 150                    | 6,3                  | 22,8                             | 6,5                  | 23,5                             | 7,8                  | 28,0                             | 6,1                              | 6,1         | 7,1         | 9,2         |
| 200                    | 6,4                  | 30,6                             | 7,0                  | 33,3                             | 8,4                  | 39,7                             | 8,5                              | 8,3         | 10,4        | 15,7        |
| 250                    | 6,8                  | 40,2                             | 7,5                  | 44,3                             | 9,0                  | 52,8                             | 11,8                             | 11,4        | 15,3        | 25,4        |
| 300                    | 7,2                  | 50,8                             | 8,0                  | 56,3                             | 9,6                  | 67,3                             | 15,6                             | 15,2        | 20,8        | 36,3        |
| 350                    | 7,7                  | 63,2                             | 8,5                  | 69,6                             | 10,2                 | 83,1                             | 17,6                             | 20,7        | 29,0        |             |
| 400                    | 8,1                  | 75,5                             | 9,0                  | 83,7                             | 10,8                 | 100,0                            | 20,5                             | 26,1        | 37,4        | -           |
| 500                    | 9,0                  | 104,3                            | 10                   | 115,6                            | 12,0                 | 138,2                            | 27,6                             | 42,8        | 54,5        | -           |
| 600                    | 9,9                  | 137,1                            | 11                   | 152,0                            | 13,2                 | 181,8                            | 38,4                             | 54,9        | 79,1        | -           |
| 700                    | 10,8                 | 173,9                            | 12                   | 193,0                            | 14,4                 | 230,8                            | 50,2                             | 65,3        | .           | -           |
| 800                    | 11,7                 | 215,2                            | 13                   | 238,7                            | 15,6                 | 285,5                            | 66,7                             | 85,9        | -           | -           |
| 900                    | 12,6                 | 260,2                            | 14                   | 288,7                            | 16,8                 | 345,4                            | 78,7                             | 102,6       | .           | -           |
| 1 000                  | 13,5                 | 309,3                            | 15                   | 343,2                            | 18,0                 | 410,6                            | 98,6                             | 140,1       | -           |             |
| 1 200                  | 15,3                 | 420,1                            | 17                   | 466,1                            | 20,4                 | 557,8                            | 144,2                            | 208,5       | -           | -           |
| 1 400                  | 17,1                 | 547,2                            | 19                   | 607,2                            | 22,8                 | 726,8                            | 178,2                            | 246,3       | -           | .           |
| 1 600                  | 18,9                 | 690,3                            | 21                   | 766,0                            | 25,2                 | 916,9                            | 244,7                            | 346,7       | -           | -           |
| 1 800                  | 20,7                 | 850,1                            | 23                   | 943,4                            | 27,6                 | 1 129,3                          | 283,5                            | 409,4       | -           | -           |
| 2 000                  | 22,5                 | 1 026,3                          | 25                   | 1 139,0                          | 30,0                 | 1 363,4                          | 336,4                            | 489,2       | -           | -           |
| 2 200                  | 24,3                 | 1 218,3                          | 27                   | 1 352,1                          | 32,4                 | 1 618,6                          | 413,2                            | 579,9       | -           | -           |
| 2 400                  | 26,1                 | 1 427,2                          | 29                   | 1 583,9                          | 34,8                 | 1 896,2                          | 478,0                            | 680,3       | -           | -           |
| 2 600                  | 27,9                 | 1 652,4                          | 31                   | 1 833,9                          | 37,2                 | 2 195,6                          | 528,6                            | 763,7       | -           | -           |

1) aplicable a tuberías centrífugas con bridas soldadas con deslizamiento

2) aplicable a tuberías centrífugas con bridas roscadas

3) ver la parte achurada de la figura 6.3.

### 6.1.3 Tolerancias

#### 6.1.3.1 Tolerancias en el espesor

Las tolerancias en el espesor de pared se determinan en función al tipo de fundición y se establecen en tabla 6.5, donde DN es el diámetro nominal.

**Tabla 6.5 - Tolerancias en espesor de pared**

Dimensiones en mm

| Tipo de fundición                      | Tolerancia          |
|----------------------------------------|---------------------|
| Tuberías de fundición por centrifugado | - (1,3 + 0,001 DN)* |
| Tuberías de fundición no centrifugado  | - (2,3 + 0,001 DN)* |

\* No se tiene establecido límite para la tolerancia positiva

#### 6.1.3.2 Tolerancias en longitud

Del total de tuberías campana y espiga, el fabricante puede suministrar hasta un máximo de un 10 % de ellas para cada diámetro, en longitudes más cortas que las longitudes normales especificadas (véase 6.1.2.2), a pesar que la disminución máxima permitida en longitud es la que se presenta en tabla 6.6.

**Tabla 6.6 - Disminución máxima en las longitudes de tuberías**

| Longitud especificada, L<br>m | Disminución máxima en<br>longitud<br>cantidad |
|-------------------------------|-----------------------------------------------|
| $L \leq 4$                    | 1                                             |
| $4 < L \leq 6$                | 2                                             |
| $6 < L$                       | 3                                             |

#### 6.1.3.3 Tolerancias de rectitud de las tuberías de fundición centrífuga

Cuando se hace rodar la tubería sobre dos carriles, distantes aproximadamente una distancia de dos tercios de la longitud L de la tubería sometida a verificación, la flecha máxima  $f_m$  expresada en milímetros, no debe ser superior a 1,25 veces la longitud L, expresada en metros, es decir:

$$f_m \leq 1,25 L$$

#### 6.1.3.4 Tolerancia en peso

Los valores de los pesos de los extremos campanas que se presentan en las tablas de esta norma, presentan valores aproximados.

El peso de las tuberías debe ser el establecido en esta norma, o, cuando no sea el caso, se adoptarán de catálogos de los fabricantes; y deben ser calculados tomando como valor de la densidad de la fundición de hierro una magnitud de 7 050 kg/m<sup>3</sup>.

El peso de las tuberías se determina considerando que el peso del extremo campana se ha establecido mediante una fórmula lineal, correspondiente al promedio de peso de los extremos campanas que se fabrican. Los valores indicados para el peso por metro de longitud de tubería y el peso de los extremos campanas se han redondeado al décimo de kilogramo más próximo.

Las piezas de fierro fundido con un peso superior al máximo se aceptan siempre y cuando cumplan con los otros requisitos de esta norma. Las tuberías menores a DN 150 no necesitan pesarse individualmente a menos que así se especifique en la solicitud u orden de compra, por parte del comprador.

Las tolerancias de los pesos figuran en tabla 6.7.

**Tabla 6.7 - Tolerancias en peso en función al tipo de fundición**

Dimensiones en %

| Tipo de fundición                                      | Tolerancia del peso normalizado |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Tuberías de fundición centrífuga hasta DN 200          | $\pm 8$                         |
| Tuberías de fundición centrífuga con DN mayor a DN 200 | $\pm 5$                         |
| Tuberías de fundición no centrífuga                    | $\pm 8$                         |

#### 6.1.3.5 Tuberías con extremos espiga y campana, tolerancia relacionada a la longitud

La tolerancia relacionada a la longitud útil normal de fabricación se determina en tabla 6.8 y se aplica independientemente del diámetro nominal DN.

**Tabla 6.8 - Tolerancia relacionada a la longitud**

Dimensiones en mm

|                                                          |          |
|----------------------------------------------------------|----------|
| Tolerancia relacionada a la longitud útil de fabricación | $\pm 30$ |
|----------------------------------------------------------|----------|

#### 6.1.3.6 Tuberías con bridas, tolerancia relacionada a la longitud

La tolerancia normal aplicable a la longitud útil de fabricación de las tuberías con bridas se determina en tabla 6.9 y se aplica independientemente del DN.

**Tabla 6.9 - Tolerancia relacionada a la longitud**

Dimensiones en mm

|                                                          |          |
|----------------------------------------------------------|----------|
| Tolerancia relacionada a la longitud útil de fabricación | $\pm 10$ |
|----------------------------------------------------------|----------|

A solicitud del cliente en la orden de compra, y por acuerdo entre el fabricante y el cliente, se pueden aceptar tolerancias más estrictas pero nunca superiores a  $\pm 3$  mm.

## 6.2 Uniones

Las tuberías y accesorios pueden encontrarse provistas de diferentes tipos de unión.

### 6.2.1 Tipos

Estas especificaciones se refieren, fundamentalmente, a uniones para tuberías y accesorios (campana / espiga) con material elastomérico y a uniones con brida.

También pueden emplearse en tuberías y accesorios que tengan otros tipos de unión como por ejemplo las uniones de recorrido calafateado. La forma de desarrollo de este tipo de uniones mantienen las mismas dimensiones exteriores, haciendo posible a los fabricantes utilizar piezas intercambiables.

El diámetro externo normal del extremo espiga de las tuberías y accesorios permanece igual para todos los tipos de unión. Además, este diámetro externo es el mismo, en la serie de los diámetros nominales comunes, al del extremo espiga de las piezas de fierro fundido (véase la norma ISO 13), lo cual facilita la unión de las tuberías o accesorios de fierro fundido dúctil a las redes existentes de tubería de fierro fundido.

### **6.2.2 Dimensiones y tolerancias**

Con el propósito de garantizar el intercambio entre piezas y accesorios de diferentes procedencias, la tolerancia máxima en los diámetros externos de los extremos espigas de las tuberías y accesorios, medida circunferencialmente a la perpendicular de la unión, no deberá ser superior a 1 mm.

Las tolerancias en las uniones dependen de las características peculiares de cada tipo de unión, y deberán ser las especificadas en estas normas nacionales, cuando no se cuente con especificación, se debe recurrir a lo establecido en los catálogos del fabricante para cada tipo de unión, en función a su diámetro nominal.

Como regla general, las tolerancias en los extremos campana son más restringidas que las tolerancias en el cuerpo de la tubería o accesorio debido al mayor espesor y la mayor rigidez de los extremos campanas.

## **6.3 Bridas**

En la norma ISO 13 se ha adoptado un tipo único de brida para el caso de tuberías de fierro fundido.

Se tienen cuatro tipos de bridas correspondientes a las presiones nominales PN 10, PN 16, PN 25 y PN 40 respectivamente.

Debido a que los detalles de las perforaciones son idénticos, se adopta un diseño único para bridas correspondientes a tuberías DN 40 y DN 50 para las presiones nominales PN 10, PN 16, PN 25 y PN 40 y para las correspondientes a tuberías DN 60 y DN 65, una forma común para las presiones nominales PN 10, PN 16, PN 25 y PN 40 y diseño común para las presiones nominales PN 10 y PN 16 por un lado y PN 25 y PN 40 por otro.

Además, por la semejanza de forma y/o semejanza de las perforaciones para DN 80 a DN 300, para las presiones nominales mencionadas anteriormente, se han globalizado tanto las formas como las perforaciones de acuerdo a lo que se muestra en tabla 6.10.

Como se especifica en la norma ISO 13 las bridas PN 10 (véanse tabla 6.16 y tabla 6.17) pueden usarse en tuberías con extremos campana hasta presiones de aproximadamente 15 Bar.

Los requisitos de dimensiones de las bridas se establecen en tabla 6.16 a tabla 6.27 para los diámetros y presiones nominales establecidos.

**Tabla 6.10 - Características de las bridas según DN y PN**

| <b>Diámetro nominal<br/>DN</b> | <b>Equivalencia de forma de brida para presión nominal<br/>PN</b> | <b>Equivalencia de plantilla de perforaciones para presiones nominales<br/>PN</b> |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 40 y 50                        | 10 - 16 - 25 - 40                                                 | 10 - 16 - 25 - 40                                                                 |
| 60 y 65                        | 10 - 16 - 25 - 40                                                 | 10 - 16 / 25 - 40                                                                 |
| 80                             | 10 - 16 - 25 - 40                                                 | 10 - 16 - 25 - 40                                                                 |
| 100                            | 10 - 16 / 25 - 40                                                 | 10 - 16 / 25 - 40                                                                 |
| 125 y 150                      | 10 - 16                                                           | 10 - 16 / 25 - 40                                                                 |
| 200 a 300                      | 10 - 16                                                           |                                                                                   |

Las bridas pueden fundirse juntamente con la pieza correspondiente o, por el contrario, en forma separada para luego unirse de manera manual, es decir, mediante procesos adicionales como el atornillado y la soldadura.

### 6.3.1 Tipos

Las bridas son fijas o móviles. Su configuración hace que el montaje y el cambio de PN sean más fáciles.

Las bridas móviles se pueden emplear en las mismas condiciones de uso que las bridas fijas.

La brida móvil está compuesta por un anillo, unido en una o varias partes mediante pernos, los cuales llevan un collar de unión extremo. El anillo puede ser rotado libremente alrededor del eje de la tubería y puede en esas condiciones posesionarse para que sea alineado con los agujeros de los pernos. El diámetro externo y los detalles de los agujeros son similares tanto para las bridas fijas como para las móviles.

### 6.3.2 Tolerancias

#### 6.3.2.1 Tolerancia de espesor

La tolerancia en el espesor de la brida,  $b$ , se determina en tabla 6.11. Se considera el espesor de brida, como:

$$b = C - f_1$$

**Tabla 6.11 - Tolerancia del espesor de brida**

| Dimensiones en mm                   |                    |
|-------------------------------------|--------------------|
| <b>Tipo de brida</b>                | <b>Tolerancia</b>  |
| Brida fija (integral fundida)       | $\pm (3 + 0,05 b)$ |
| Brida móvil (soldada y atornillada) | $\pm (2 + 0,05 b)$ |

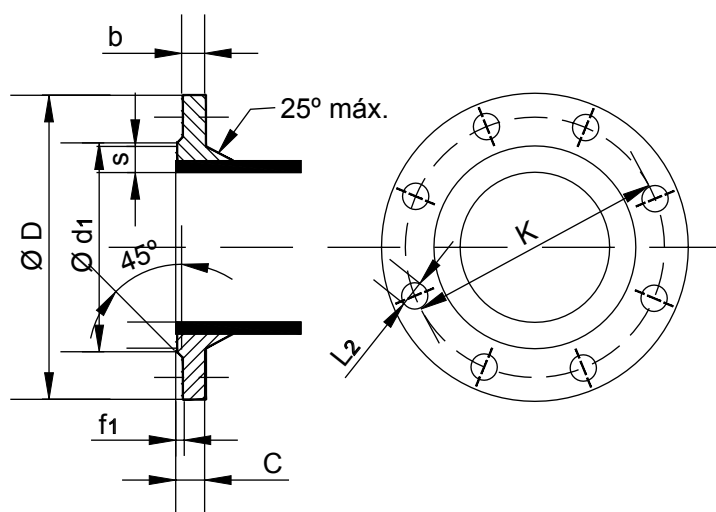
#### 6.3.2.2 Tolerancia con relación a los diámetros

Las tolerancias del diámetro externo de la brida y del diámetro de la cara de la junta con resalte se determinan en figura 6.4 y tabla 6.12.

**Tabla 6.12 - Tolerancia de diámetro externo y de la cara de junta con resalte, en función del DN**

Dimensiones en mm

| DN    | Tolerancias               |                                                               |
|-------|---------------------------|---------------------------------------------------------------|
|       | Diámetro externo<br><br>D | Diámetro de la cara de junta<br>con resalte<br>d <sub>1</sub> |
| 40    | ± 4,0                     | ± 4,0                                                         |
| 50    |                           |                                                               |
| 60    |                           |                                                               |
| 65    | ± 4,5                     |                                                               |
| 80    |                           |                                                               |
| 100   |                           |                                                               |
| 125   |                           |                                                               |
| 150   | ± 5,5                     | + 4,5<br>- 4,0                                                |
| 200   |                           | + 5,5<br>- 4,5                                                |
| 250   |                           |                                                               |
| 300   |                           |                                                               |
| 350   | ± 6,5                     |                                                               |
| 400   |                           | + 6,5<br>- 5,0                                                |
| 500   |                           |                                                               |
| 600   |                           |                                                               |
| 700   | ± 7,5                     |                                                               |
| 800   |                           | + 7,5<br>- 5,5                                                |
| 900   |                           |                                                               |
| 1 000 |                           |                                                               |
| 1 200 | ± 8,5                     |                                                               |
| 1 400 | ± 10,0                    |                                                               |
| 1 600 | ± 12,0                    | + 9,0<br>- 5,5                                                |
| 1 800 |                           | + 10,0<br>- 6,0                                               |
| 2 000 |                           |                                                               |
| 2 200 |                           |                                                               |
| 2 400 |                           |                                                               |
| 2 600 |                           |                                                               |



**Figura 6.4 - Esquema de dimensiones y perforaciones por brida (sin escala)**

### 6.3.2.3 Tolerancias de altura de la cara de la junta con resalte

Las tolerancias para la altura de la cara de la junta con resalte se presentan en tabla 6.13.

**Tabla 6.13 - Tolerancias de la cara de la junta con resalte**

Dimensiones en mm

| Altura de la cara de la junta con resalte, $f_1$ | Tolerancia |
|--------------------------------------------------|------------|
| 3                                                | + 1,5      |
|                                                  | - 2,0      |
| 4                                                | + 2,0      |
|                                                  | -3,0       |
| 5                                                | + 2,5      |
|                                                  | - 4,0      |

### 6.3.2.4 Tolerancia de las perforaciones de la brida

Las tolerancias en los diámetros de las perforaciones para los pernos y su posición con respecto a la normal se establece en tabla 6.14, describiendo tolerancias para el diámetro de la perforación ( $L_2$ ), diámetro del círculo de los ejes de las perforaciones y de la distancia entre ejes de las perforaciones adyacentes.

**Tabla 6.14 - Tolerancias de las perforaciones en brida**

Dimensiones en mm

| Dimensión                                                        | Tolerancia del diámetro de la perforación |            |            |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------|------------|
|                                                                  | de 19 a 28                                | de 31 a 56 | > a 62     |
| Diámetro de las perforaciones para paso de tornillo, $L_2$       | + 0,5<br>0                                | +0,5<br>0  | + 1,0<br>0 |
| Diámetro del círculo de los ejes de las perforaciones de paso, K | ± 2,0                                     | ± 2,8      | ± 4,8      |
| Distancia entre ejes de dos perforaciones de paso adyacentes     | ± 2,0                                     | ± 2,8      | ± 4,8      |

### 6.3.2.5 Tolerancia de paralelismo de la superficie de apoyo de los pernos con relación a la superficie de la junta

La tolerancia de paralelismo de la superficie o cara de apoyo de los pernos, posterior a la brida, con respecto a la cara de apoyo de la junta con resalte deberá ser de máximo 2°.

## 6.3.3 Dimensiones

### 6.3.3.1 Dimensiones de las perforaciones para los pernos

El diámetro de las perforaciones se ha fijado de acuerdo con el diámetro nominal de los pernos en concordancia con el criterio de tabla 6.15.



**Tabla 6.15 - Tolerancias de las perforaciones en brida**

Dimensiones en mm

| Tipo de perno                       | Tolerancia en la perforación      |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Para pernos $\leq$ M20              | diámetro nominal del perno + 3 mm |
| Para pernos $>$ M20 pero $\leq$ M52 | diámetro nominal del perno + 4 mm |
| Para pernos $>$ M52                 | diámetro nominal del perno + 6 mm |

**6.3.3.2 Dimensiones y detalles de las perforaciones de bridas PN 10****a) Brida fija PN 10**

Las dimensiones y características de la brida fija se muestra en figura 6.4, tabla 6.16 y tabla 6.17. El valor de b y s, se calcula mediante:

$$b = \begin{cases} 10 + 0,035 \text{ DN, con valor mínimo de 16 mm, desde DN 40 a DN 300} \\ 10 + 0,025 \text{ DN, con valor mínimo de 20,5 mm, desde DN 350 a DN 1 200} \\ 20 + 0,015 \text{ DN, desde DN 1 400 a DN 2 600} \end{cases}$$

$$s = \begin{cases} 0,8 C, \text{ de DN 40 a DN 600} \\ 0,7 C, \text{ de DN 700 a DN 2 600} \end{cases}$$

En figura 6.4 y figura 6.5, se presenta un número de perforaciones de paso que pueden no coincidir con el número real de perforaciones, que se obtiene de la columna "Cantidad de perforaciones de paso" en tabla 6.17.

Véase tabla 6.17 para establecer el valor de K, como distancia entre ejes de perforaciones y el diámetro de perforación de paso  $L_2$ .

Tabla 6.16 - Dimensiones de brida fija PN 10

| <b>Diámetro nominal<br/>DN</b> | <b>D<br/>mm</b> | <b>d<sub>1</sub><br/>mm</b> | <b>C<br/>mm</b> | <b>b<br/>mm</b> | <b>f<sub>1</sub><br/>mm</b> | <b>s *<br/>mm</b> | <b>Peso<br/>aproximado<br/>de brida **<br/>kg</b> |
|--------------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------------------------------|
| 40                             | 150             | 84                          | 19              | 16              | 3                           | 15                | 1,7                                               |
| 50                             | 165             | 99                          | 19              | 16              | 3                           | 15                | 2,1                                               |
| (60)                           | 175             | 108                         | 19              | 16              | 3                           | 15                | 2,2                                               |
| 65                             | 185             | 118                         | 19              | 16              | 3                           | 15                | 2,5                                               |
| 80                             | 200             | 132                         | 19              | 16              | 3                           | 15                | 2,9                                               |
| 100                            | 220             | 156                         | 19              | 16              | 3                           | 15                | 3,3                                               |
| 125                            | 250             | 184                         | 19              | 16              | 3                           | 15                | 4,0                                               |
| 150                            | 285             | 211                         | 19              | 16              | 3                           | 15                | 4,9                                               |
| 200                            | 340             | 266                         | 20              | 17              | 3                           | 16                | 6,8                                               |
| 250                            | 400             | 319                         | 22              | 19              | 3                           | 17,5              | 9,6                                               |
| 300                            | 455             | 370                         | 24,5            | 20,5            | 4                           | 19,5              | 12,8                                              |
| 350                            | 505             | 429                         | 24,5            | 20,5            | 4                           | 19,5              | 14,1                                              |
| 400                            | 565             | 480                         | 24,5            | 20,5            | 4                           | 19,5              | 16,3                                              |
| 500                            | 670             | 582                         | 26,5            | 22,5            | 4                           | 21,0              | 21,8                                              |
| 600                            | 780             | 682                         | 30,0            | 25,0            | 5                           | 22,0              | 30,8                                              |
| 700                            | 895             | 794                         | 32,5            | 27,5            | 5                           | 23,0              | 40,5                                              |
| 800                            | 1 015           | 901                         | 35,0            | 30,0            | 5                           | 24,5              | 54,8                                              |
| 900                            | 1 115           | 1 001                       | 37,5            | 32,5            | 5                           | 26,5              | 64,3                                              |
| 1 000                          | 1 230           | 1 112                       | 40              | 35              | 5                           | 28,0              | 81,4                                              |
| 1 200                          | 1 455           | 1 328                       | 45              | 40              | 5                           | 31,5              | 120,9                                             |
| 1 400                          | 1 675           | 1 530                       | 46              | 41              | 5                           | 32,0              | 147,8                                             |
| 1 600                          | 1 915           | 1 750                       | 49              | 44              | 5                           | 34,5              | 206,4                                             |
| 1 800                          | 2 115           | 1 950                       | 52              | 47              | 5                           | 36,5              | 236,3                                             |
| 2 000                          | 2 325           | 2 150                       | 55              | 50              | 5                           | 38,5              | 279,4                                             |
| 2 200                          | 2 550           | 2 370                       | 59              | 53              | 6                           | 41,5              | 345,6                                             |
| 2 400                          | 2 750           | 2 570                       | 62              | 56              | 6                           | 43,5              | 398,8                                             |
| 2 600                          | 2 960           | 2 780                       | 65              | 59              | 6                           | 45,5              | 436,9                                             |

\* Dimensión s, especificada para cálculo del peso

\*\* Parte achurada en figura 6.4

**Tabla 6.17 - Cantidad y diámetro de perforaciones de paso y tipo de perno PN 10**

Dimensiones en mm

| Diámetro nominal DN | D     | K     | Perforaciones de paso |                         | Pernos                    |
|---------------------|-------|-------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|
|                     |       |       | Cantidad              | Diámetro L <sub>2</sub> | Diámetro Nominal de rosca |
| 40                  | 150   | 110   | 4                     | 19                      | M16                       |
| 50                  | 165   | 125   | 4                     | 19                      | M16                       |
| (60)                | 175   | 135   | 4                     | 19                      | M16                       |
| 65                  | 185   | 145   | 4                     | 19                      | M16                       |
| 80                  | 200   | 160   | 8 *                   | 19                      | M16                       |
| 100                 | 220   | 180   | 8                     | 19                      | M16                       |
| 125                 | 250   | 210   | 8                     | 19                      | M16                       |
| 150                 | 285   | 240   | 8                     | 23                      | M20                       |
| 200                 | 340   | 295   | 8                     | 23                      | M20                       |
| 250                 | 400   | 350   | 12                    | 23                      | M20                       |
| 300                 | 455   | 400   | 12                    | 23                      | M20                       |
| 350                 | 505   | 460   | 16                    | 23                      | M20                       |
| 400                 | 565   | 515   | 16                    | 28                      | M24                       |
| 500                 | 670   | 620   | 20                    | 28                      | M24                       |
| 600                 | 780   | 725   | 20                    | 31                      | M27                       |
| 700                 | 895   | 840   | 24                    | 31                      | M27                       |
| 800                 | 1 015 | 950   | 24                    | 34                      | M30                       |
| 900                 | 1 115 | 1 050 | 28                    | 34                      | M30                       |
| 1 000               | 1 230 | 1 160 | 28                    | 37                      | M33                       |
| 1 200               | 1 455 | 1 380 | 32                    | 40                      | M36                       |
| 1 400               | 1 675 | 1 590 | 36                    | 43                      | M39                       |
| 1 600               | 1 915 | 1 820 | 40                    | 49                      | M45                       |
| 1 800               | 2 115 | 2 020 | 44                    | 49                      | M45                       |
| 2 000               | 2 325 | 2 230 | 48                    | 49                      | M45                       |
| 2 200               | 2 550 | 2 440 | 52                    | 56                      | M52                       |
| 2 400               | 2 750 | 2 650 | 56                    | 56                      | M52                       |
| 2 600               | 2 960 | 2 850 | 60                    | 56                      | M52                       |

\* Para bridas con diámetro nominal DN 80 y presión PN 10, el número de perforaciones se puede reducir hasta 4 a solicitud del cliente con el propósito de permitir el acoplamiento con la brida con una tubería anterior.

#### **b) Brida móvil PN 10**

Las dimensiones y características de la brida móvil se muestran en figura 6.5 y tabla 6.18. El valor de  $b_1$ , se calcula mediante:

$$b_1 = 14 + 0,06 \text{ DN, con un valor mínimo de 19 mm.}$$

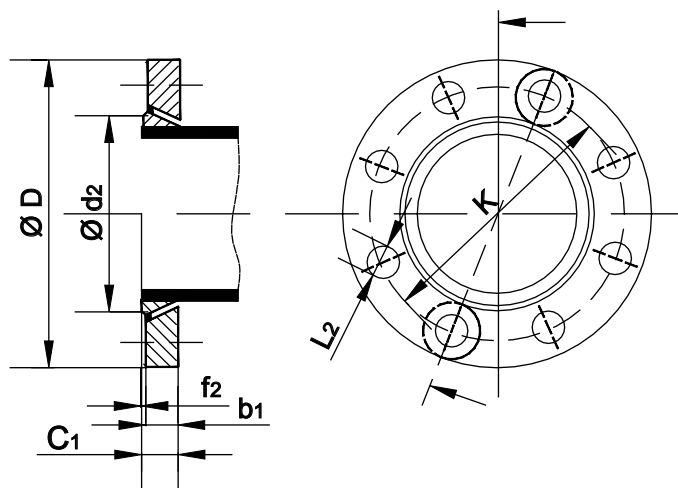


Figura 6.5 - Esquema de dimensiones y perforaciones por brida PN 10 (sin escala)

Tabla 6.18 - Dimensiones de bridas móviles PN 10

| Diámetro nominal<br>DN | D<br>mm | d <sub>2</sub><br>mm | C <sub>1</sub><br>mm | b <sub>1</sub><br>mm | f <sub>2</sub><br>mm | Peso<br>aproximado<br>de brida ***<br>kg |
|------------------------|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------------|
| 40                     | 150     | 84                   | 22                   | 19                   | 3                    | 1,8                                      |
| 50                     | 165     | 99                   | 22                   | 19                   | 3                    | 2,1                                      |
| (60)                   | 175     | 108                  | 22                   | 19                   | 3                    | 2,3                                      |
| 65                     | 185     | 118                  | 22                   | 19                   | 3                    | 2,8                                      |
| 80                     | 200     | 132                  | 22                   | 19                   | 3                    | 2,9                                      |
| 100                    | 220     | 156                  | 23                   | 20                   | 3                    | 3,4                                      |
| 125                    | 250     | 184                  | 24,5                 | 21,5                 | 3                    | 4,4                                      |
| 150                    | 285     | 211                  | 26                   | 23                   | 3                    | 5,7                                      |
| 200                    | 340     | 266                  | 29                   | 26                   | 3                    | 8,2                                      |
| 250                    | 400     | 319                  | 32                   | 29                   | 3                    | 11,7                                     |
| 300                    | 455     | 370                  | 36                   | 32                   | 4                    | 15,3                                     |
| 350                    | 505     | 429                  | 39                   | 35                   | 4                    | 19,5                                     |
| 400                    | 565     | 480                  | 42                   | 38                   | 4                    | 22,1                                     |
| 500                    | 670     | 582                  | 48                   | 44                   | 4                    | 33,0                                     |
| 600                    | 780     | 682                  | 55                   | 50                   | 5                    | 43,9                                     |

\*\*\* Parte achurada en figura 6.5.

### 6.3.3.3 Dimensiones y detalles de las perforaciones de bridas PN 16

#### a) Brida fija PN 16

Las dimensiones y características de la brida fija se muestran en figura 6.6, tabla 6.19 y tabla 6.20. El valor de b y s, se calcula mediante:

$$b = \begin{cases} 10 + 0,035 \text{ DN, con valor mínimo de 16 mm, desde DN 40 a DN 1 200} \\ 20 + 0,025 \text{ DN, desde DN 1 400 a DN 2 600} \end{cases}$$

$$s = \begin{cases} 0,8 \text{ C, para DN 40 a DN 600} \\ 0,7 \text{ C, para DN 700 a DN 2 600} \end{cases}$$

**Tabla 6.19 - Dimensiones de brida fija PN 16**

| <b>Diámetro nominal<br/>DN</b> | <b>D<br/>mm</b> | <b>d<sub>1</sub><br/>mm</b> | <b>C<br/>mm</b> | <b>b<br/>mm</b> | <b>f<sub>1</sub><br/>mm</b> | <b>s *</b><br>mm | <b>Peso<br/>aproximado<br/>de brida **<br/>kg</b> |
|--------------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|------------------|---------------------------------------------------|
| 40                             | 150             | 84                          | 19              | 16              | 3                           | 15               | 1,7                                               |
| 50                             | 165             | 99                          | 19              | 16              | 3                           | 15               | 2,1                                               |
| (60)                           | 175             | 108                         | 19              | 16              | 3                           | 15               | 2,2                                               |
| 65                             | 185             | 118                         | 19              | 16              | 3                           | 15               | 2,5                                               |
| 80                             | 200             | 132                         | 19              | 16              | 3                           | 15               | 2,9                                               |
| 100                            | 220             | 156                         | 19              | 16              | 3                           | 15               | 3,3                                               |
| 125                            | 250             | 184                         | 19              | 16              | 3                           | 15               | 4,0                                               |
| 150                            | 285             | 211                         | 19              | 16              | 3                           | 15               | 4,9                                               |
| 200                            | 340             | 266                         | 20              | 17              | 3                           | 16               | 6,6                                               |
| 250                            | 400             | 319                         | 22              | 19              | 3                           | 17,5             | 9,2                                               |
| 300                            | 455             | 370                         | 24,5            | 20,5            | 4                           | 19,5             | 12,4                                              |
| 350                            | 520             | 429                         | 26,5            | 22,5            | 4                           | 21,0             | 17,2                                              |
| 400                            | 580             | 480                         | 28,0            | 24,0            | 4                           | 22,5             | 21,9                                              |
| 500                            | 715             | 609                         | 31,5            | 27,5            | 4                           | 25,0             | 37,0                                              |
| 600                            | 840             | 720                         | 36,0            | 31,0            | 5                           | 27,0             | 57,3                                              |
| 700                            | 910             | 794                         | 39,5            | 34,5            | 5                           | 29,5             | 65,6                                              |
| 800                            | 1 025           | 901                         | 43,0            | 38,0            | 5                           | 30,0             | 74,0                                              |
| 900                            | 1 125           | 1 001                       | 46,5            | 41,5            | 5                           | 32,5             | 88,2                                              |
| 1 000                          | 1 255           | 1 112                       | 50              | 45              | 5                           | 35,0             | 122,9                                             |
| 1 200                          | 1 485           | 1 328                       | 57              | 52              | 5                           | 40,0             | 185,2                                             |
| 1 400                          | 1 685           | 1 530                       | 60              | 55              | 5                           | 42,0             | 215,9                                             |
| 1 600                          | 1 930           | 1 750                       | 65              | 60              | 5                           | 45,5             | 308,4                                             |
| 1 800                          | 2 130           | 1 950                       | 70              | 65              | 5                           | 49,0             | 362,2                                             |
| 2 000                          | 2 345           | 2 150                       | 75              | 70              | 5                           | 52,5             | 432,2                                             |
| 2 200                          | 2 555           | 2 370                       | 81              | 75              | 6                           | 56,5             | 512,3                                             |
| 2 400                          | 2 765           | 2 570                       | 86              | 80              | 6                           | 60,0             | 601,0                                             |
| 2 600                          | 2 965           | 2 780                       | 91              | 85              | 6                           | 63,5             | 672,0                                             |

\* Dimensión s, especificada para cálculo del peso

\*\* Parte achurada en figura 6.6.

Véase tabla 6.20 para establecer el valor de K, como distancia entre ejes de perforaciones y el diámetro de perforación de paso  $L_2$ .

Tabla 6.20 - Cantidad y diámetro de perforaciones de paso y tipo de perno PN 16

Dimensiones en mm

| Diámetro nominal DN | D     | K     | Perforaciones de paso |                | Pernos                    |
|---------------------|-------|-------|-----------------------|----------------|---------------------------|
|                     |       |       | Cantidad              | Diámetro $L_2$ | Diámetro Nominal de rosca |
| 40                  | 150   | 110   | 4                     | 19             | M16                       |
| 50                  | 165   | 125   | 4                     | 19             | M16                       |
| (60)                | 175   | 135   | 4                     | 19             | M16                       |
| 65                  | 185   | 145   | 4                     | 19             | M 16                      |
| 80                  | 200   | 160   | 8                     | 19             | M16                       |
| 100                 | 220   | 180   | 8                     | 19             | M16                       |
| 125                 | 250   | 210   | 8                     | 19             | M16                       |
| 150                 | 285   | 240   | 8                     | 23             | M20                       |
| 200                 | 340   | 295   | 12                    | 23             | M20                       |
| 250                 | 400   | 355   | 12                    | 28             | M24                       |
| 300                 | 455   | 410   | 12                    | 28             | M24                       |
| 350                 | 520   | 470   | 16                    | 28             | M24                       |
| 400                 | 580   | 525   | 16                    | 31             | M27                       |
| 500                 | 715   | 650   | 20                    | 34             | M30                       |
| 600                 | 840   | 770   | 20                    | 37             | M33                       |
| 700                 | 910   | 840   | 24                    | 37             | M33                       |
| 800                 | 1 025 | 950   | 24                    | 40             | M36                       |
| 900                 | 1 125 | 1 050 | 28                    | 40             | M36                       |
| 1 000               | 1 255 | 1 170 | 28                    | 43             | M39                       |
| 1 200               | 1 485 | 1 390 | 32                    | 49             | M45                       |
| 1 400               | 1 685 | 1 590 | 36                    | 49             | M45                       |
| 1 600               | 1 930 | 1 820 | 40                    | 56             | M52                       |
| 1 800               | 2 130 | 2 020 | 44                    | 56             | M52                       |
| 2 000               | 2 345 | 2 230 | 48                    | 62             | M56                       |
| 2 200               | 2 555 | 2 440 | 52                    | 62             | M56                       |
| 2 400               | 2 765 | 2 650 | 56                    | 62             | M56                       |
| 2 600               | 2 965 | 2 850 | 60                    | 62             | M56                       |

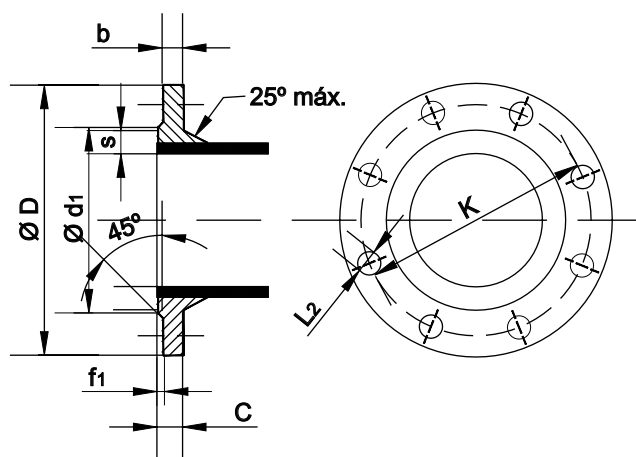


Figura 6.6 - Esquema de dimensiones y perforaciones por brida PN 16 (sin escala)

En figura 6.6 y figura 6.7, se presenta un número de perforaciones de paso que pueden no coincidir con el número real de perforaciones, que se obtiene de la columna "Cantidad de perforaciones de paso" en tabla 6.20.

### b) Brida móvil PN 16

Las dimensiones y características de la brida móvil se muestra en figura 6.7 y tabla 6.21. El valor de  $b_1$ , se calcula mediante:

$$b_1 = 14 + 0,06 \text{ DN, con un valor mínimo de 19 mm.}$$

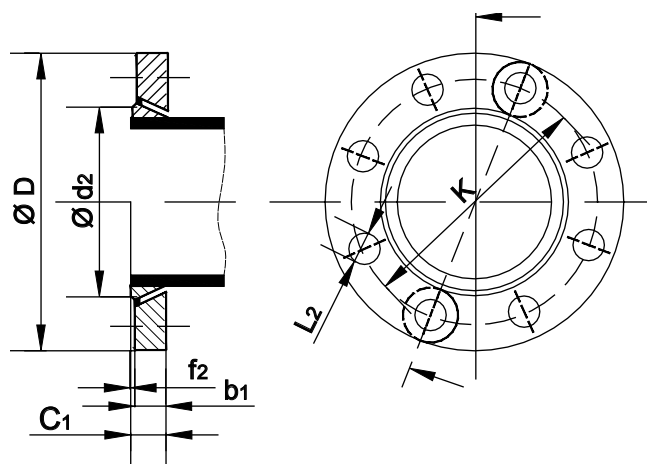


Figura 6.7 - Esquema de dimensiones y perforaciones por brida PN 16 (sin escala)

Tabla 6.21 - Dimensiones de las bridas móviles PN 16

| Diámetro nominal<br>DN | D<br>mm | d <sub>2</sub><br>mm | C <sub>1</sub><br>mm | b <sub>1</sub><br>mm | f <sub>2</sub><br>mm | Peso aproximado<br>de brida ***<br>kg |
|------------------------|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 40                     | 150     | 84                   | 22                   | 19                   | 3                    | 1,8                                   |
| 50                     | 165     | 99                   | 22                   | 19                   | 3                    | 2,1                                   |
| (60)                   | 175     | 108                  | 22                   | 19                   | 3                    | 2,3                                   |
| 65                     | 185     | 118                  | 22                   | 19                   | 3                    | 2,8                                   |
| 80                     | 200     | 132                  | 22                   | 19                   | 3                    | 2,9                                   |
| 100                    | 220     | 156                  | 23                   | 20                   | 3                    | 3,4                                   |
| 125                    | 250     | 184                  | 24,5                 | 21,5                 | 3                    | 4,4                                   |
| 150                    | 285     | 211                  | 26                   | 23                   | 3                    | 5,7                                   |
| 200                    | 340     | 266                  | 29                   | 26                   | 3                    | 8,1                                   |
| 250                    | 400     | 319                  | 32                   | 29                   | 3                    | 11,3                                  |
| 300                    | 455     | 370                  | 36                   | 32                   | 4                    | 14,6                                  |
| 350                    | 520     | 429                  | 39                   | 35                   | 4                    | 20,3                                  |
| 400                    | 580     | 480                  | 42                   | 38                   | 4                    | 26,6                                  |
| 500                    | 715     | 609                  | 48                   | 44                   | 4                    | 46,0                                  |
| 600                    | 840     | 720                  | 55                   | 50                   | 5                    | 68,9                                  |

\*\*\* Parte achurada en figura 6.7

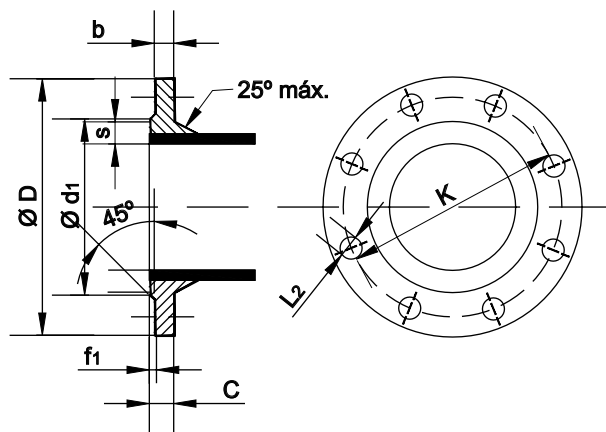
#### 6.3.3.4 Dimensiones y detalles de las perforaciones de bridas PN 25

##### a) Brida fija PN 25

Las dimensiones y características de la brida fija se muestra en figura 6.8, tabla 6.22 y tabla 6.23. El valor de  $b$  y  $s$ , se calcula mediante:

$$b = \begin{cases} 10 + 0,045 \text{ DN, con valor mínimo de 16 mm, desde DN 40 a DN 1 200} \\ 20 + 0,035 \text{ DN, desde DN 1 400 a DN 2 000} \end{cases}$$

$$s = \begin{cases} 0,8 \text{ C, para DN 40 a DN 600} \\ 0,7 \text{ C, para DN 700 a DN 2 000} \end{cases}$$



**Figura 6.8 - Esquema de dimensiones y perforaciones por brida PN 25 (sin escala)**

En figura 6.8 y figura 6.9, se presenta un número de perforaciones de paso que pueden no coincidir con el número real de perforaciones, que se obtiene de la columna "Cantidad de perforaciones de paso" en tabla 6.23.

Véase tabla 6.23 para establecer el valor de K, como distancia entre ejes de perforaciones y el diámetro de perforación de paso  $L_2$ .



Tabla 6.22 - Dimensiones de brida fija PN 25

| <b>Diámetro nominal<br/>DN</b> | <b>D<br/>mm</b> | <b>d<sub>1</sub><br/>mm</b> | <b>C<br/>mm</b> | <b>b<br/>mm</b> | <b>f<sub>1</sub><br/>mm</b> | <b>s *<br/>mm</b> | <b>Peso<br/>aproximado<br/>de brida **<br/>kg</b> |
|--------------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------------------------------|
| 40                             | 150             | 84                          | 19              | 16              | 3                           | 15                | 1,7                                               |
| 50                             | 165             | 99                          | 19              | 16              | 3                           | 15                | 2,1                                               |
| (60)                           | 175             | 108                         | 19              | 16              | 3                           | 15                | 2,1                                               |
| 65                             | 185             | 118                         | 19              | 16              | 3                           | 15                | 2,4                                               |
| 80                             | 200             | 132                         | 19              | 16              | 3                           | 15                | 2,9                                               |
| 100                            | 235             | 156                         | 19              | 16              | 3                           | 15                | 3,8                                               |
| 125                            | 270             | 184                         | 19              | 16              | 3                           | 15                | 4,6                                               |
| 150                            | 300             | 211                         | 20              | 17              | 3                           | 16                | 5,9                                               |
| 200                            | 360             | 274                         | 22              | 19              | 3                           | 17,5              | 8,7                                               |
| 250                            | 425             | 330                         | 24,5            | 21,5            | 3                           | 19,5              | 13,1                                              |
| 300                            | 485             | 389                         | 27,5            | 23,5            | 4                           | 22,0              | 18,0                                              |
| 350                            | 555             | 448                         | 30,0            | 26,0            | 4                           | 24,0              | 25,5                                              |
| 400                            | 620             | 503                         | 32,0            | 28,0            | 4                           | 25,5              | 33,2                                              |
| 500                            | 730             | 609                         | 36,5            | 32,5            | 4                           | 29,0              | 48,7                                              |
| 600                            | 845             | 720                         | 42,0            | 37,0            | 5                           | 30,5              | 71,5                                              |
| 700                            | 960             | 820                         | 46,5            | 41,5            | 5                           | 32,5              | 90,3                                              |
| 800                            | 1 085           | 928                         | 51,0            | 46,0            | 5                           | 35,5              | 123,2                                             |
| 900                            | 1 185           | 1 028                       | 55,5            | 50,5            | 5                           | 39,0              | 148,6                                             |
| 1 000                          | 1 320           | 1 140                       | 60              | 55              | 5                           | 42,0              | 200,7                                             |
| 1 200                          | 1 530           | 1 350                       | 69              | 64              | 5                           | 48,5              | 284,7                                             |
| 1 400                          | 1 755           | 1 560                       | 74              | 69              | 5                           | 52,0              | 368,1                                             |
| 1 600                          | 1 975           | 1 780                       | 81              | 76              | 5                           | 56,5              | 485,5                                             |
| 1 800                          | 2 195           | 1 985                       | 88              | 83              | 5                           | 61,5              | 601,9                                             |
| 2 000                          | 2 425           | 2 210                       | 95              | 90              | 5                           | 66,5              | 784,9                                             |

\* Dimensión s, especificada para cálculo del peso

\*\* Parte achurada en figura 6.8.

**Tabla 6.23 - Cantidad y diámetro de perforaciones de paso y tipo de perno PN 25**

Dimensiones en mm

| Diámetro nominal DN | D     | K     | Perforaciones de paso |                | Pernos                    |
|---------------------|-------|-------|-----------------------|----------------|---------------------------|
|                     |       |       | Cantidad              | Diámetro $L_2$ | Diámetro nominal de rosca |
| 40                  | 150   | 110   | 4                     | 19             | M16                       |
| 50                  | 165   | 125   | 4                     | 19             | M16                       |
| (60)                | 175   | 135   | 8                     | 19             | M16                       |
| 5                   | 185   | 145   | 8                     | 19             | M16                       |
| 80                  | 200   | 160   | 8                     | 19             | M16                       |
| 100                 | 235   | 190   | 8                     | 23             | M20                       |
| 125                 | 270   | 220   | 8                     | 28             | M24                       |
| 150                 | 300   | 250   | 8                     | 28             | M24                       |
| 200                 | 360   | 310   | 12                    | 28             | M24                       |
| 250                 | 425   | 370   | 12                    | 31             | M27                       |
| 300                 | 485   | 430   | 16                    | 31             | M27                       |
| 350                 | 555   | 490   | 16                    | 34             | M30                       |
| 400                 | 620   | 550   | 16                    | 37             | M33                       |
| 500                 | 730   | 650   | 20                    | 37             | M33                       |
| 600                 | 845   | 770   | 20                    | 40             | M36                       |
| 700                 | 960   | 875   | 24                    | 43             | M39                       |
| 800                 | 1 085 | 990   | 24                    | 49             | M45                       |
| 900                 | 1 185 | 1 090 | 28                    | 49             | M45                       |
| 1 000               | 1 320 | 1 210 | 28                    | 56             | M52                       |
| 1 200               | 1 530 | 1 420 | 32                    | 56             | M52                       |
| 1 400               | 1 755 | 1 640 | 36                    | 62             | M56                       |
| 1 600               | 1 975 | 1 860 | 40                    | 62             | M56                       |
| 1 800               | 2 195 | 2 070 | 44                    | 70             | M64                       |
| 2 000               | 2 425 | 2 300 | 48                    | 70             | M64                       |

**b) Brida móvil PN 25**

Las dimensiones y características de la brida móvil se muestran en figura 6.9 y tabla 6.24. El valor de  $b_1$ , se calcula mediante:

$$b_1 = 14 + 0,06 \text{ DN, con un valor mínimo de 19 mm.}$$

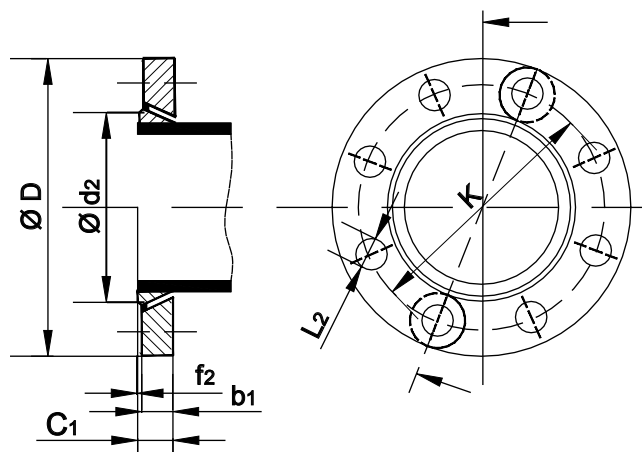


Figura 6.9 - Esquema de dimensiones y perforaciones por brida PN 25 (sin escala)

Tabla 6.24 - Dimensiones de la brida móvil PN 25

| Diámetro nominal<br>DN | D<br>mm | $d_2$<br>mm | $C_1$<br>mm | $b_1$<br>mm | $f_2$<br>mm | Peso<br>aproximado<br>de brida ***<br>kg |
|------------------------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------------------------|
| 40                     | 150     | 84          | 22          | 19          | 3           | 1,8                                      |
| 50                     | 165     | 99          | 22          | 19          | 3           | 2,1                                      |
| (60)                   | 175     | 108         | 22          | 19          | 3           | 1,9                                      |
| 65                     | 185     | 118         | 22          | 19          | 3           | 2,9                                      |
| 80                     | 200     | 132         | 22          | 19          | 3           | 3,0                                      |
| 100                    | 235     | 156         | 23          | 20          | 3           | 3,9                                      |
| 125                    | 270     | 184         | 24,5        | 21,5        | 3           | 5,3                                      |
| 150                    | 300     | 211         | 26          | 23          | 3           | 6,7                                      |
| 200                    | 360     | 274         | 29          | 26          | 3           | 9,2                                      |
| 250                    | 425     | 330         | 32          | 29          | 3           | 14,2                                     |
| 300                    | 485     | 389         | 36          | 32          | 4           | 18,2                                     |
| 350                    | 555     | 448         | 39          | 35          | 4           | 26,4                                     |
| 400                    | 620     | 503         | 42          | 38          | 4           | 36,6                                     |
| 500                    | 730     | 609         | 48          | 44          | 4           | 52,0                                     |
| 600                    | 845     | 720         | 55          | 50          | 5           | 71,9                                     |

\*\*\* Parte achurada en figura 6.9

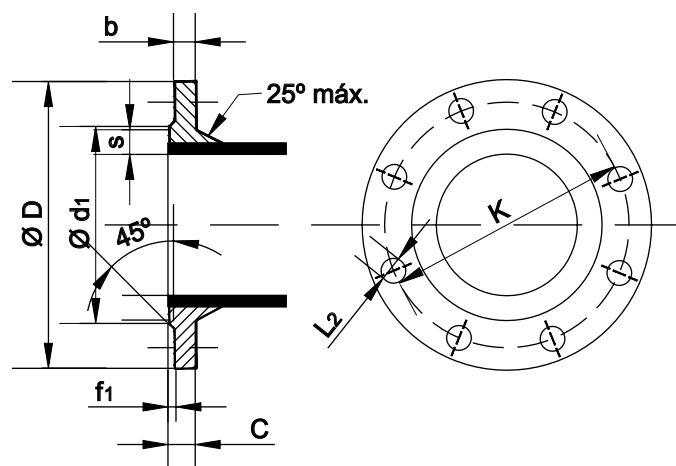
### 6.3.3.5 Dimensiones y detalles de las perforaciones de bridas PN 40

#### a) Brida fija PN 40

Las dimensiones y características de la brida fija se muestran en figura 6.10, tabla 6.25 y tabla 6.26. El valor de  $b$  y  $s$ , se calcula mediante:

$$b = \begin{cases} 10 + 0,045 \text{ DN, con valor mínimo de 16 mm, desde DN 40 a DN 100} \\ 10 + 0,085 \text{ DN, desde DN 125 a DN 400} \\ 20 + 0,055 \text{ DN, desde DN 500 a DN 600} \end{cases}$$

$$s = \begin{cases} 0,8 \text{ C, para DN 40 a DN 100} \\ 0,7 \text{ C, para DN 125 a DN 600} \end{cases}$$



**Figura 6.10 - Esquema de dimensiones y perforaciones por brida PN 40 (sin escala)**

**Tabla 6.25 - Dimensiones de brida fija PN 40**

| Diámetro nominal<br>DN | D<br>mm | d <sub>1</sub><br>mm | C<br>mm | b<br>mm | f <sub>1</sub><br>mm | s *<br>mm | Peso<br>aproximado<br>de brida **<br>kg |
|------------------------|---------|----------------------|---------|---------|----------------------|-----------|-----------------------------------------|
| 40                     | 150     | 84                   | 19      | 16      | 3                    | 15        | 1,7                                     |
| 50                     | 165     | 99                   | 19      | 16      | 3                    | 15        | 2,1                                     |
| (60)                   | 175     | 108                  | 19      | 16      | 3                    | 15        | 2,1                                     |
| 65                     | 185     | 118                  | 19      | 16      | 3                    | 15        | 2,4                                     |
| 80                     | 200     | 132                  | 19      | 16      | 3                    | 15        | 2,9                                     |
| 100                    | 235     | 156                  | 19      | 16      | 3                    | 15        | 3,8                                     |
| 125                    | 270     | 184                  | 23,5    | 20,5    | 3                    | 16,5      | 5,9                                     |
| 150                    | 300     | 211                  | 26,0    | 23,0    | 3                    | 18,0      | 8,0                                     |
| 200                    | 375     | 284                  | 30,0    | 27,0    | 3                    | 21,0      | 14,0                                    |
| 250                    | 450     | 345                  | 34,5    | 31,5    | 3                    | 24,0      | 23,2                                    |
| 300                    | 515     | 409                  | 39,5    | 35,5    | 4                    | 27,5      | 33,5                                    |
| 350                    | 580     | 465                  | 44      | 40      | 4                    | 31,0      | 46,7                                    |
| 400                    | 660     | 535                  | 48      | 44      | 4                    | 33,5      | 66,9                                    |
| 500                    | 765     | 615                  | 52      | 48      | 4                    | 36,5      | 82,3                                    |
| 600                    | 890     | 735                  | 58      | 53      | 5                    | 40,5      | 124,1                                   |

\* Dimensión s, especificada para cálculo del peso

\*\* Parte achurada en figura 6.10

En figura 6.10 y figura 6.11, se presenta un número de perforaciones de paso que pueden no coincidir con el número real de perforaciones, que se obtiene de la columna "Cantidad de perforaciones de paso" en tabla 6.26.

Véase tabla 6.26, para establecer el valor de K, como distancia entre ejes de perforaciones y el diámetro de perforación de paso  $L_2$ .

**Tabla 6.26 - Cantidad y diámetro de perforaciones de paso y tipo de perno PN 40**

Dimensiones en mm

| Diámetro nominal<br>DN | D   | K   | Perforaciones de paso |                   | Pernos                    |
|------------------------|-----|-----|-----------------------|-------------------|---------------------------|
|                        |     |     | Cantidad              | Diámetro<br>$L_2$ | Diámetro nominal de rosca |
| 40                     | 150 | 110 | 4                     | 19                | M16                       |
| 60                     | 165 | 125 | 4                     | 19                | M16                       |
| (60)                   | 175 | 135 | 8                     | 19                | M16                       |
| 65                     | 185 | 145 | 8                     | 19                | M16                       |
| 80                     | 200 | 160 | 8                     | 19                | M16                       |
| 100                    | 235 | 190 | 8                     | 23                | M20                       |
| 125                    | 270 | 220 | 8                     | 28                | M24                       |
| 150                    | 300 | 250 | 8                     | 28                | M24                       |
| 200                    | 375 | 320 | 12                    | 31                | M27                       |
| 250                    | 450 | 385 | 12                    | 34                | M30                       |
| 300                    | 515 | 450 | 16                    | 34                | M30                       |
| 350                    | 580 | 510 | 16                    | 37                | M33                       |
| 400                    | 660 | 585 | 16                    | 40                | M36                       |
| 500                    | 755 | 670 | 20                    | 43                | M39                       |
| 600                    | 890 | 795 | 20                    | 49                | M45                       |

**b) Brida móvil PN 40**

Las dimensiones y características de la brida móvil se muestran en figura 6.11 y tabla 6.27. El valor de  $b_1$ , se calcula mediante:

$$b_1 = \begin{cases} 14 + 0,06 \text{ DN, con un valor mínimo de 19 mm., para DN 40 a DN 150} \\ 14 + 0,08 \text{ DN, para DN 200 a DN 350} \end{cases}$$

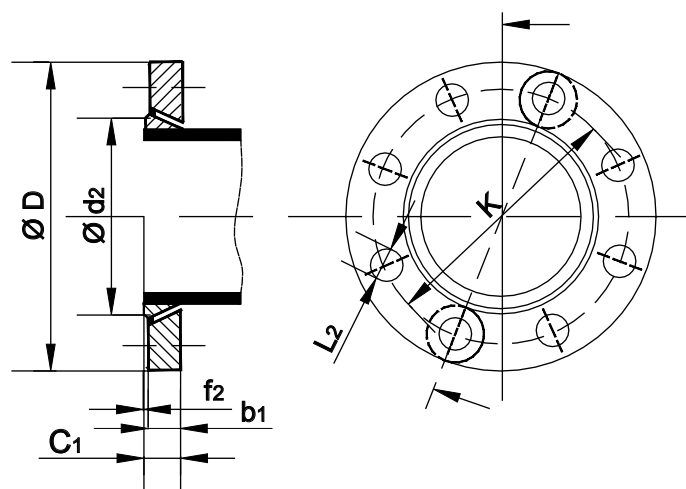


Figura 6.11- Esquema de dimensiones y perforaciones por brida PN 40 (sin escala)

Tabla 6.27 - Dimensiones de la brida móvil PN 40

| Diámetro nominal<br>DN | D<br>mm | d <sub>2</sub><br>mm | C <sub>1</sub><br>mm | b <sub>1</sub><br>mm | f <sub>2</sub><br>mm | Peso<br>aproximado<br>de brida ***<br>kg |
|------------------------|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------------|
| 40                     | 150     | 84                   | 22                   | 19                   | 3                    | 1,8                                      |
| 50                     | 165     | 99                   | 22                   | 19                   | 3                    | 2,1                                      |
| (60)                   | 175     | 108                  | 22                   | 19                   | 3                    | 1,9                                      |
| 65                     | 185     | 118                  | 22                   | 19                   | 3                    | 2,9                                      |
| 80                     | 200     | 132                  | 22                   | 19                   | 3                    | 3,0                                      |
| 100                    | 235     | 156                  | 23                   | 20                   | 3                    | 3,9                                      |
| 125                    | 270     | 184                  | 24,5                 | 21,5                 | 3                    | 5,3                                      |
| 150                    | 300     | 211                  | 26                   | 23                   | 3                    | 6,7                                      |
| 200                    | 375     | 284                  | 33                   | 30                   | 3                    | 11,4                                     |
| 250                    | 450     | 345                  | 37                   | 34                   | 3                    | 22,9                                     |
| 300                    | 515     | 409                  | 42                   | 38                   | 4                    | 31,3                                     |
| 350                    | 580     | 465                  | 46                   | 42                   | 4                    | 43,2                                     |

\*\*\* Parte achurada en figura 6.11

## 6.4 Accesorios

En general, los accesorios de fierro fundido dúctil son de diseños similares a los de fierro fundido (véase norma ISO 13). Así por ejemplo sus extremos son de brida - brida, brida - espiga, extremos campana - espiga o brida - campana <sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Esta preferencia por los accesorios de enchufe, se justifica por las numerosas ventajas que figuran a continuación: En las tuberías, los emplazamientos de los accesorios: codos, tes, etc., están casi siempre determinados por la disposición del trazado de la red de tuberías y raramente coincide con el extremo de la tubería. Por lo general, es preciso colocar entre la última tubería y el accesorio una sección de longitud reducida, obtenida por corte de una tubería entera en dos secciones. La primera sección se utiliza antes del accesorio y la segunda inmediatamente después, una de estas secciones está desprovista de enchufe campana. Los accesorios con doble extremo campana garantizan la existencia en las redes de tuberías de un extremo campana adicional que de otro modo faltaría y, debido a esto, no es necesario desperdiciar tramos de tubería con doble extremo espiga.

La mayor resistencia mecánica del fierro fundido dúctil permite mejorar los diseños de los accesorios así como reducir sus dimensiones. De ello se deriva una mayor facilidad de paso en el subsuelo, que hace posible realizar redes de tuberías en el área urbana de las grandes ciudades, reduciendo el tamaño de las cámaras de válvulas, cuyas dimensiones dependen fundamentalmente del espacio ocupado por los accesorios.

En tabla 6.32 y siguientes, se describen los accesorios de fierro fundido dúctil para redes de tuberías a presión destinadas al transporte y distribución de agua, líquidos de diversa índole o de gases a presión.

#### **6.4.1 Tipos**

Los accesorios brida - campana (véase tabla 6.32), o brida - espiga (véase tabla 6.33), así como los collares rectos (véase tabla 6.34) presentan un diámetro interior suficientemente amplio como para permitir que las tuberías adyacentes se deslicen a lo largo, facilitando el desmontaje y el ajuste longitudinal de las secciones de tubería.

El empleo de codos de doble extremo campana (véanse tabla 6.35 a tabla 6.38) presentan longitudes desarrolladas proporcionales a su ángulo de desvío. Su superficie de apoyo sobre los macizos de tope o de anclaje guarda la debida proporción con la importancia de los esfuerzos laterales que ejercen sobre estos apoyos.

Se ha hecho posible simplificar el intervalo de tes con doble extremo campana con ramal en brida (véanse tabla 6.39 a tabla 6.42), además de las tes de tres bridas (véanse tabla 6.58 a tabla 6.63), con la creación de los conos en campana y brida (véanse tabla 6.44 y tabla 6.45), así como las placas de reducción (véanse tabla 6.50 a tabla 6.53); puesto que el empleo de una combinación de estos accesorios hace posible que los usuarios dispongan de un elevado número de posibilidades con un reducido número de tipos de piezas de fierro fundido.

Entre los elementos con bridas se tiene a los codos en sus diversos ángulos (véanse tabla 6.54 a tabla 6.57)

Estas configuraciones basadas en estadísticas de mercado, tienen por efecto reducir el almacenamiento tanto en el recinto del fabricante como en los locales del cliente y también facilitar los aprovisionamientos.

Los accesorios con doble extremo campana, en comparación con los otros tipos de accesorios, brindan las siguientes ventajas:

- Mayor resistencia mecánica por la presencia en cada uno de sus extremos, de un extremo campana sumamente resistente.
- Excelente estabilidad sobre los topes y anclajes que se pueden extender libremente sobre toda la longitud de los accesorios.
- Accesibilidad total a las juntas que se encuentran fuera de la zona de topes o anclajes.
- Simplificación de pedidos y suministro de piezas de recambio debido a la eliminación de numerosos tipos de accesorios que constituyen una partida repetida.
- Facilidad de moldeo en placa modelo simétrico en correctas condiciones de precisión y de productividad.

Los conos con doble extremo campana (véase tabla 6.44), empleados fundamentalmente en la reducción del diámetro, presentan las longitudes más cortas que se pueden obtener en la práctica.

Los conos con doble extremo campana (véase tabla 6.44), generalmente colocada entre dos diámetros sucesivos, presenta una longitud proporcional a la variación en el diámetro, cada uno de los lados con una pendiente de  $5^\circ$  que corresponde a un semiángulo en el vértice, con relación a la línea de centros, y, elegida de tal modo que se reducen las pérdidas de presión en el caso en que el cono se emplee para incrementar el diámetro.

También se tienen accesorios como la te con todos los extremos campana (véase tabla 6.43).

Por último, se tiene a las bridas ciegas (véanse tabla 6.46 a tabla 6.49).

### 6.4.2 Ensayo de control de estanqueidad en fábrica

Los accesorios se someten en fábrica a un control de estanqueidad (véase 7.4.4) mediante aire a una presión de 1 Bar o bien con agua a presión según la presión precisada en tabla 6.28.

**Tabla 6.28 - Presión hidrostática de ensayo a la estanqueidad al agua**

| <b>Diámetro nominal<br/>DN</b> | <b>Presión hidrostática de ensayo<br/>a la estanqueidad al agua<br/>Bar</b> |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| $40 \leq DN \leq 300$          | 25                                                                          |
| $350 \leq DN \leq 600$         | 16                                                                          |
| $700 \leq DN \leq 2600$        | 10                                                                          |

### 6.4.3 Tolerancias

#### 6.4.3.1 Tolerancias en espesor

Las tolerancias en espesor de pared se determinan en función al tipo de hierro fundido y se establecen en tabla 6.29, donde DN es el diámetro nominal.

**Tabla 6.29 - Tolerancias en espesor de pared**

| Dimensiones en mm                                            |                       |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>Tipo de fundición</b>                                     | <b>Tolerancia</b>     |
| Tuberías y accesorios de fundición no centrifugado           | $-(2,3 + 0,001 DN)^*$ |
| * No se tiene establecido límite para la tolerancia positiva |                       |

#### 6.4.3.2 Tolerancias en longitud

La tolerancia normal de longitud admisible para las longitudes útiles de fabricación para todos los accesorios con bridas se ha determinado uniformemente a  $\pm 10$  mm para todos los accesorios de brida y todos los diámetros nominales.

Según especificación debidamente formulada en el pedido y tras acuerdo entre el cliente y el proveedor, se podrán admitir tolerancias más estrictas, pero sin que, de ningún modo sean inferiores a:

$$\begin{aligned} &\pm 3 \text{ mm para } DN \leq DN 600, \text{ y} \\ &\pm 4 \text{ mm para } DN = DN 700 \end{aligned}$$



### 6.4.3.3 Diferencia en las longitudes útiles normalizadas

Las diferencias permitidas en las longitudes admisibles con respecto a las longitudes útiles normalizadas de los accesorios con extremos campanas y accesorios con bridas se presentan en tabla 6.30.

**Tabla 6.30 - Diferencia en las longitudes útiles normalizadas**

| Tipo de junta                                   | Longitud interesada | Diferencia mm                                                                                            |
|-------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Encaje de brida, espiga de brida, collar y cono | L                   | DN 40 a DN 1 200 : $\pm 25$<br>DN 1 400 a DN 2 600 : $\pm 35$                                            |
| Codo de 1/4                                     | t                   | $\pm (15 + 0,03 \text{ DN})$                                                                             |
| Codo de 1/8                                     | t                   | $\pm (10 + 0,025 \text{ DN})$                                                                            |
| Codo de 1/16,<br>Codo de 1/32                   | t                   | DN 40 a DN 1 000: $\pm (10 \pm 0,02 \text{ DN})$<br>DN 1 200 a DN 2 600: $\pm (10 \pm 0,025 \text{ DN})$ |
| Te                                              | L y h               | DN 40 a DN 1 200      + 50<br>- 25<br>DN 1 400 a DN 2 600    + 75<br>- 35                                |

### 6.4.3.4 Tolerancia en peso

El peso de los accesorios correspondientes a cada uno de los tipos de juntas deben ser los establecidos en las normas, o, cuando ese no sea el caso, se adoptarán de los catálogos de los fabricantes; que deberían haber sido calculados tomando como valor de la densidad de la fundición de hierro una magnitud de 7 050 kg/m<sup>3</sup>.

Los valores indicados para los pesos de los accesorios se encuentran redondeados de la siguiente manera:

- Hasta el décimo de kilogramo más cercano para los pesos inferiores a 20 kg.
- Hasta el medio kilogramo más cercano para pesos entre 20 kg y 100 kg.
- Hasta el kilogramo más próximo para los pesos superiores a los 100 kg.

Las piezas de fierro fundido con un peso superior al máximo se aceptan siempre y cuando cumplan con los otros requisitos de esta norma. Los accesorios menores a DN 150 no necesitan pesarse individualmente a menos que así se especifique en la solicitud u orden de compra, por parte del comprador.

Las tolerancias de los pesos figuran en tabla 6.31.

**Tabla 6.31 - Tolerancias en función al tipo de fundición**

Dimensiones en %

| Tipo de fundición                                                                      | Tolerancia con respecto al peso normalizada % |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Accesorios normalizados con excepción de los que se establecen en el siguiente renglón | $\pm 8$                                       |
| Codos, accesorios con ramales y accesorios no normalizados                             | $\pm 12$                                      |

#### 6.4.4 Dimensiones

##### 6.4.4.1 Espesor normal de accesorios

El espesor normal en accesorios de fierro fundido, se calcula en función del diámetro nominal mediante la siguiente fórmula:

$$e = k (0,5 + 0,001 \text{ DN})$$

donde:

e: Espesor normal de la pared, en mm;  
 DN: Diámetro nominal;  
 K: Coeficiente elegido entre una serie de números enteros

k = 14 para tes,  $e = 7 + 0,014 \text{ DN}$

k = 12 para otros accesorios,  $e = 6 + 0,012 \text{ DN}$

Cuando sea necesario, cada especificación particular indica una fórmula adicional aplicable a piezas de diámetro reducido.

Es admitido que el espesor de pared de los accesorios, guarde proporción con las fuerzas que actúan en cada punto, en particular a las originadas por los esfuerzos y tensiones mecánicas resultantes por la presión interna. En los codos, por ejemplo, el espesor de pared de las zonas internas puede ser superior al de las zonas externas.

El aumento o disminución del espesor de pared de los accesorios puede obtenerse modificando, bien sea su diámetro interno o externo.

El espesor (e) indicado en las tablas y en las figuras, representa un espesor promedio correspondiente al peso de cada pieza. Los esfuerzos locales en cada punto varían en función del espesor real y están en función de la forma de la pieza.

Para las referencias entre DN 40 hasta DN 65, el espesor de los accesorios se ha limitado a 7 mm, de tal manera que, teniendo en cuenta las tolerancias, el espesor de los accesorios siempre es igual al menos a aquel de las tuberías del mismo diámetro nominal.

##### 6.4.4.2 Adaptador brida-campana

Las dimensiones y características de los adaptadores brida-campana se muestran en figura 6.12 y tabla 6.32. El valor de e, d y L, se calcula mediante:

$$e = 12 (0,5 + 0,001 \text{ DN}), \text{ con valor mínimo de } 7\text{mm}$$

$$d = \begin{cases} 25 + 1,05 \text{ DN}, & \text{para DN 40 a DN 1 200} \\ 35 + 1,03 \text{ DN}, & \text{para DN 1 400 a DN 2 600} \end{cases}$$

$$L = \begin{cases} 120 + 0,1 \text{ DN (redondeado a } \pm 5), & \text{para DN 40 a DN 1 200} \\ 170 + 0,1 \text{ DN (redondeado a } \pm 5), & \text{para DN 1 400 a DN 2 600} \end{cases}$$

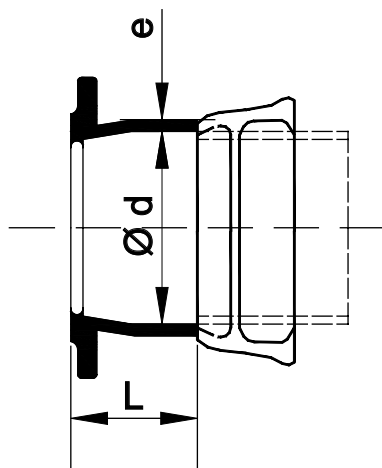


Figura 6.12 - Esquema de dimensiones adaptador campana - brida (sin escala)

Tabla 6.32 - Dimensiones de adaptador brida - campana

| Diámetro nominal<br>DN | e<br>mm | d<br>mm | L<br>mm | Peso(aproximado) con brida |            |            |            |
|------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|------------|------------|------------|
|                        |         |         |         | PN10<br>kg                 | PN16<br>kg | PN25<br>kg | PN40<br>kg |
| 40                     | 7,0     | 67      | 125     | 4,5                        | 4,5        | 4,5        | 4,5        |
| 50                     | 7,0     | 78      | 125     | 5,4                        | 5,4        | 5,4        | 5,4        |
| (60)                   | 7,0     | 88      | 125     | 6,0                        | 6,0        | 5,9        | 5,9        |
| 65                     | 7,0     | 93      | 125     | 6,4                        | 6,4        | 6,3        | 6,3        |
| 80                     | 7,0     | 109     | 130     | 7,4                        | 7,4        | 7,4        | 7,4        |
| 100                    | 7,2     | 130     | 130     | 9,0                        | 9,0        | 9,5        | 9,5        |
| 125                    | 7,5     | 156     | 135     | 11,5                       | 11,5       | 12,1       | 13,4       |
| 150                    | 7,8     | 183     | 135     | 14,2                       | 14,2       | 15,2       | 17,3       |
| 200                    | 8,4     | 235     | 140     | 20,5                       | 20,0       | 22,0       | 27,5       |
| 250                    | 9,0     | 288     | 145     | 28                         | 27,5       | 31,5       | 41,5       |
| 300                    | 9,6     | 340     | 150     | 37                         | 36,5       | 42,0       | 57,5       |
| 350                    | 10,2    | 393     | 155     | 45                         | 48,0       | 56,0       | -          |
| 400                    | 10,8    | 445     | 160     | 55                         | 60,0       | 71,0       | -          |
| 500                    | 12,0    | 550     | 170     | 78                         | 93,0       | 104,0      | -          |
| 600                    | 13,2    | 655     | 180     | 108                        | 135,0      | 149,0      | -          |
| 700                    | 14,4    | 760     | 190     | 144                        | 159,0      | -          | -          |
| 800                    | 15,6    | 865     | 200     | 189                        | 208,0      | -          | -          |
| 900                    | 16,8    | 970     | 210     | 235                        | 258,0      | -          | -          |
| 1 000                  | 18,0    | 1 075   | 220     | 293                        | 324,0      | -          | -          |
| 1 200                  | 20,4    | 1 285   | 240     | 456                        | 521,0      | -          | -          |
| 1 400                  | 22,8    | 1 477   | 310     | 654                        | 723,0      | -          | -          |
| 1 600                  | 25,2    | 1 683   | 330     | 887                        | 989,0      | -          | -          |
| 1 800                  | 27,6    | 1 889   | 350     | 1 125                      | 1 251      | -          | -          |
| 2 000                  | 30,0    | 2 095   | 370     | 1 414                      | 1 567      | -          | -          |
| 2 200                  | 32,4    | 2 301   | 390     | 1 767                      | 1 934      | -          | -          |
| 2 400                  | 34,8    | 2 507   | 410     | 2 150                      | 2 352      | -          | -          |
| 2 600                  | 37,2    | 2 713   | 480     | 2 563                      | 2 798      | -          | -          |

### 6.4.4.3 Adaptador brida-espiga

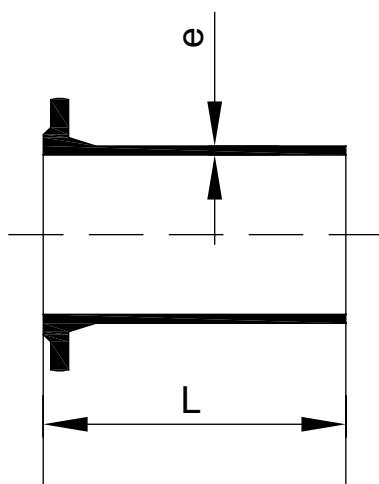
Las dimensiones y características del adaptador brida-espiga se muestran en figura 6.13 y tabla 6.33. El valor de e y L, se calcula mediante:

$$e = 12 (0,5 + 0,001 \text{ DN}), \text{ con valor mínimo de 7mm}$$

$$L = \begin{cases} 320 + 0,4 \text{ DN (redondeado a } \pm 5 \text{ con valor máximo de 600), para DN 40 a DN 1 200} \\ 220 + 0,35 \text{ DN, para DN 1 400 a DN 2 600} \end{cases}$$

**Tabla 6.33 - Dimensiones del adaptador brida - espiga**

| Diámetro nominal<br>DN | e<br>mm | L<br>mm | Peso (aproximado) con brida |            |            |            |
|------------------------|---------|---------|-----------------------------|------------|------------|------------|
|                        |         |         | PN10<br>kg                  | PN16<br>kg | PN25<br>kg | PN40<br>kg |
| 40                     | 7,0     | 335     | 4,2                         | 4,2        | 4,2        | 4,2        |
| 50                     | 7,0     | 340     | 5,2                         | 5,2        | 5,2        | 5,2        |
| (60)                   | 7,0     | 345     | 5,8                         | 5,8        | 5,7        | 5,7        |
| 65                     | 7,0     | 345     | 6,5                         | 6,5        | 6,4        | 6,4        |
| 80                     | 7,0     | 350     | 7,8                         | 7,8        | 7,8        | 7,8        |
| 100                    | 7,2     | 360     | 9,6                         | 9,6        | 10,2       | 10,2       |
| 125                    | 7,5     | 370     | 12,4                        | 12,4       | 13,0       | 14,3       |
| 150                    | 7,8     | 380     | 15,6                        | 15,6       | 16,6       | 18,7       |
| 200                    | 8,4     | 400     | 22,5                        | 22,5       | 24,5       | 30,0       |
| 250                    | 9,0     | 420     | 32                          | 31,5       | 35,5       | 45,5       |
| 300                    | 9,6     | 440     | 43                          | 42,5       | 47,5       | 63,0       |
| 350                    | 10,2    | 460     | 52                          | 55,0       | 64,0       | -          |
| 400                    | 10,8    | 480     | 64                          | 70,0       | 81,0       | -          |
| 500                    | 12,0    | 520     | 94                          | 109        | 121        | -          |
| 600                    | 13,2    | 560     | 133                         | 159        | 173        | -          |
| 700                    | 14,4    | 600     | 179                         | 194        | -          | -          |
| 800                    | 15,6    | 600     | 226                         | 245        | -          | -          |
| 900                    | 16,8    | 600     | 272                         | 295        | -          | -          |
| 1 000                  | 18,0    | 600     | 328                         | 369        | -          | -          |
| 1 200                  | 20,4    | 600     | 456                         | 520        | -          | -          |
| 1 400                  | 22,8    | 710     | 664                         | 732        | -          | -          |
| 1 600                  | 25,2    | 780     | 922                         | 1 024      | -          | -          |
| 1 800                  | 27,6    | 850     | 1 196                       | 1 322      | -          | -          |
| 2 000                  | 30,0    | 920     | 1 534                       | 1 687      | -          | -          |
| 2 200                  | 32,4    | 990     | 1 948                       | 2 115      | -          | -          |
| 2 400                  | 34,8    | 1 060   | 2 408                       | 2 611      | -          | -          |
| 2 600                  | 37,2    | 1 130   | 2 918                       | 3 153      | -          | -          |



**Figura 6.13 - Esquema de dimensiones adaptador espiga - brida (sin escala)**

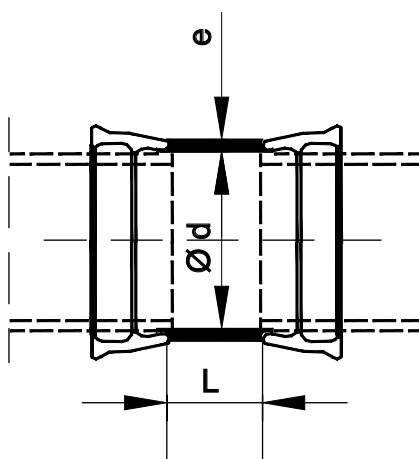
#### **6.4.4.4 Adaptador campana - campana**

Las dimensiones y características del adaptador campana - campana se muestran en figura 6.14 y tabla 6.34. El valor de e, d y L, se calcula mediante:

$$e = 12 (0,5 + 0,001 \text{ DN}), \text{ con valor mínimo de } 7\text{mm}$$

$$d = \begin{cases} 25 + 1,05 \text{ DN}, & \text{para DN 40 a DN 1 200} \\ 35 + 1,03 \text{ DN}, & \text{para DN 1 400 a DN 2 600} \end{cases}$$

$$L = \begin{cases} 150 + 0,1 \text{ DN (redondeado a } \pm 5), & \text{para DN 40 a DN 1 200} \\ 200 + 0,1 \text{ DN} & \text{para DN 1 400 a DN 2 600} \end{cases}$$



**Figura 6.14 - Esquema de dimensiones del adaptador campana - campana (sin escala)**

**Tabla 6.34 - Dimensiones del adaptador campana - campana**

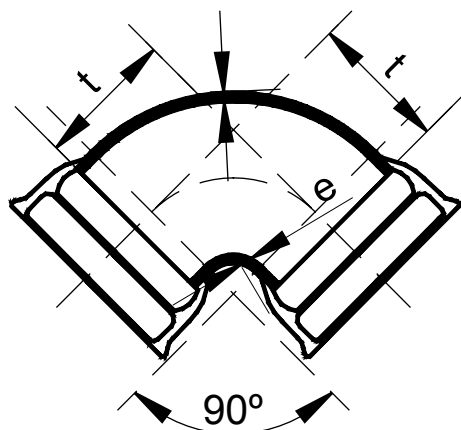
| <b>Diámetro nominal<br/>DN</b> | <b>e<br/>mm</b> | <b>d<br/>mm</b> | <b>L<br/>mm</b> | <b>Peso<br/>(aproximado)<br/>kg</b> |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|
| 40                             | 7,0             | 67              | 155             | 4,6                                 |
| 50                             | 7,0             | 78              | 155             | 5,4                                 |
| (60)                           | 7,0             | 88              | 155             | 6,3                                 |
| 65                             | 7,0             | 93              | 155             | 6,6                                 |
| 80                             | 7,0             | 109             | 109             | 7,9                                 |
| 100                            | 7,2             | 130             | 160             | 9,9                                 |
| 125                            | 7,5             | 156             | 165             | 12,9                                |
| 150                            | 7,8             | 183             | 165             | 15,9                                |
| 200                            | 8,4             | 235             | 170             | 23,0                                |
| 250                            | 9,0             | 288             | 175             | 31,5                                |
| 300                            | 9,6             | 340             | 180             | 41,0                                |
| 350                            | 10,2            | 393             | 185             | 52,0                                |
| 400                            | 10,8            | 445             | 190             | 64,0                                |
| 500                            | 12,0            | 550             | 200             | 93,0                                |
| 600                            | 13,2            | 655             | 210             | 129                                 |
| 700                            | 14,4            | 760             | 220             | 172                                 |
| 800                            | 15,6            | 865             | 230             | 223                                 |
| 900                            | 16,8            | 970             | 240             | 282                                 |
| 1 000                          | 18,0            | 1 075           | 250             | 349                                 |
| 1 200                          | 20,4            | 1 285           | 270             | 560                                 |
| 1 400                          | 22,8            | 1 477           | 340             | 816                                 |
| 1 600                          | 25,2            | 1 683           | 360             | 1 947                               |
| 1 800                          | 27,6            | 1 889           | 380             | 1 427                               |
| 2 000                          | 30,0            | 2 095           | 400             | 1 818                               |
| 2 200                          | 32,4            | 2 301           | 420             | 2 272                               |
| 2 400                          | 34,8            | 2 507           | 440             | 2 794                               |
| 2 600                          | 37,2            | 2 713           | 460             | 3 390                               |

**6.4.4.5 Codo de 1/4 de doble extremo campana**

Las dimensiones y características del codo de 1/4 de doble extremo campana, se muestran en figura 6.15 y tabla 6.35. El valor de e y t, se calcula mediante:

$e = 12 (0,5 + 0,001 \text{ DN})$ , con un valor mínimo de 7 mm.

$t = 20 + \text{DN}$



**Figura 6.15 - Esquema de dimensiones de codo de 1/4 de doble extremo campana (sin escala)**

**Tabla 6.35 - Dimensiones del codo de 1/4 de doble extremo campana**

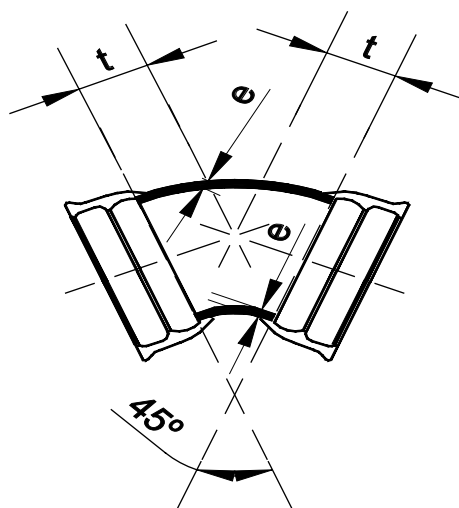
| <b>Diámetro nominal<br/>DN</b> | <b>e<br/>mm</b> | <b>L<br/>mm</b> | <b>Peso<br/>(aproximado)<br/>Kg</b> |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|
| 40                             | 7,0             | 60              | 4,2                                 |
| 50                             | 7,0             | 70              | 5,3                                 |
| (60)                           | 7,0             | 80              | 6,3                                 |
| 65                             | 7,0             | 85              | 6,9                                 |
| 80                             | 7,0             | 100             | 8,6                                 |
| 100                            | 7,2             | 120             | 11,4                                |
| 125                            | 7,5             | 145             | 15,7                                |
| 150                            | 7,8             | 170             | 20,5                                |
| 200                            | 8,4             | 220             | 33,0                                |
| 250                            | 9,0             | 270             | 48,5                                |
| 300                            | 9,6             | 320             | 68,0                                |

#### **6.4.4.6 Codo de 1/8 de doble extremo campana**

Las dimensiones y características del codo de 1/8 de doble extremo campana, se muestran en figura 6.16 y tabla 6.36. El valor de e y t, se calcula mediante:

$e = 12 (0,5 + 0,001 \text{ DN})$ , con un valor mínimo de 7 mm.

$$t = \begin{cases} 20 + 0,44 \text{ DN (redondeado a } \pm 5) & \text{para DN 40 a DN 1 200} \\ 180 + 0,24 \text{ DN (redondeado a } \pm 5) & \text{para DN 1 400 a DN 2 600} \end{cases}$$



**Figura 6.16 - Esquema de dimensiones de codo de 1/8 de doble extremo campana (sin escala)**

**Tabla 6.36 - Dimensiones del codo de 1/8 de doble extremo campana**

| <b>Diámetro nominal<br/>DN</b> | <b>e<br/>mm</b> | <b>t<br/>mm</b> | <b>Peso<br/>(aproximado)<br/>kg</b> |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|
| 40                             | 7,0             | 40              | 4,0                                 |
| 50                             | 7,0             | 40              | 5,0                                 |
| (60)                           | 7,0             | 45              | 5,3                                 |
| 65                             | 7,0             | 50              | 6,3                                 |
| 80                             | 7,0             | 55              | 7,7                                 |
| 100                            | 7,2             | 65              | 10,1                                |
| 125                            | 7,5             | 75              | 13,6                                |
| 150                            | 7,8             | 85              | 17,4                                |
| 200                            | 8,4             | 110             | 27,0                                |
| 250                            | 9,0             | 130             | 38,5                                |
| 300                            | 9,6             | 150             | 53,0                                |
| 350                            | 10,2            | 175             | 70,0                                |
| 400                            | 10,8            | 195             | 89,0                                |
| 500                            | 12,0            | 240             | 139                                 |
| 600                            | 13,2            | 285             | 202                                 |
| 700                            | 14,4            | 330             | 282                                 |
| 800                            | 15,6            | 370             | 378                                 |
| 900                            | 16,8            | 415             | 496                                 |
| 1 000                          | 18,0            | 460             | 635                                 |
| 1 200                          | 20,4            | 550             | 986                                 |
| 1 400                          | 22,8            | 515             | 1 273                               |
| 1 600                          | 25,2            | 565             | 1 740                               |
| 1 800                          | 27,6            | 610             | 2 296                               |
| 2 000                          | 30,0            | 660             | 2 970                               |
| 2 200                          | 32,4            | 710             | 3 762                               |
| 2 400                          | 34,8            | 755             | 4 665                               |
| 2 600                          | 37,2            | 805             | 5 721                               |



#### 6.4.4.7 Codo de 1/16 de doble extremo campana

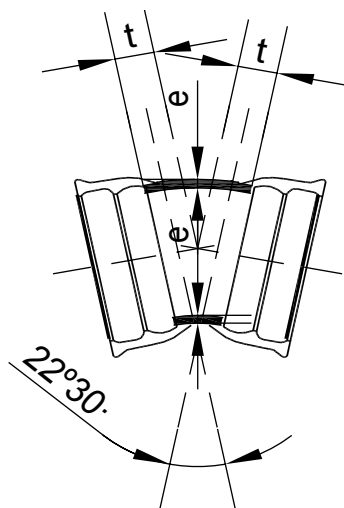
Las dimensiones y características del codo de 1/16 de doble extremo campana, se muestran en figura 6.17 y tabla 6.37. El valor de e y t, se calcula mediante:

$e = 12 (0,5 + 0,001 \text{ DN})$  con un valor mínimo de 7 mm

$$t = \begin{cases} 20 + 0,22 \text{ DN (redondeado a } \pm 5) & \text{para DN 40 a DN 1 200} \\ 90 + 0,12 \text{ DN (redondeado a } \pm 5) & \text{para DN 1 400 a DN 2 600} \end{cases}$$

**Tabla 6.37 - Dimensiones del codo de 1/16 de doble extremo campana**

| Diámetro nominal<br>DN | e<br>mm | t<br>mm | Peso<br>(aproximado)<br>kg |
|------------------------|---------|---------|----------------------------|
| 40                     | 7,0     | 30      | 3,8                        |
| 50                     | 7,0     | 30      | 4,8                        |
| (60)                   | 7,0     | 35      | 5,5                        |
| 65                     | 7,0     | 35      | 6,0                        |
| 80                     | 7,0     | 40      | 7,3                        |
| 100                    | 7,2     | 40      | 9,3                        |
| 125                    | 7,5     | 50      | 12,6                       |
| 150                    | 7,8     | 55      | 15,9                       |
| 200                    | 8,4     | 65      | 24,0                       |
| 250                    | 9,0     | 75      | 33,5                       |
| 300                    | 9,6     | 85      | 44,5                       |
| 350                    | 10,2    | 95      | 58,0                       |
| 400                    | 10,8    | 110     | 74,0                       |
| 500                    | 12,0    | 130     | 111                        |
| 600                    | 13,2    | 150     | 157                        |
| 700                    | 14,4    | 175     | 217                        |
| 800                    | 15,6    | 195     | 287                        |
| 900                    | 16,8    | 220     | 373                        |
| 1 000                  | 18,0    | 240     | 470                        |
| 1 200                  | 20,4    | 255     | 716                        |
| 1 400                  | 22,8    | 260     | 933                        |
| 1 600                  | 25,2    | 280     | 1 259                      |
| 1 800                  | 27,5    | 305     | 1 663                      |
| 2 000                  | 30,0    | 330     | 2 144                      |
| 2 200                  | 32,4    | 355     | 2 707                      |
| 2 400                  | 34,8    | 380     | 3 359                      |
| 2 600                  | 37,2    | 400     | 4 087                      |



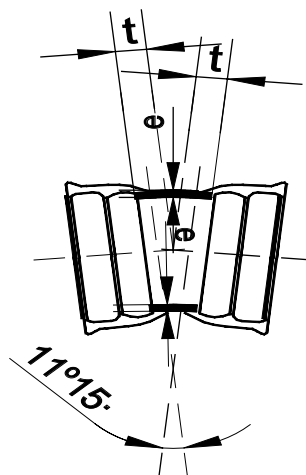
**Figura 6.17 - Esquema de dimensiones de codo de 1/16 de doble extremo campana (sin escala)**

#### 6.4.4.8 Codo de 1/32 de doble extremo campana

Las dimensiones y características del codo de 1/32 de doble extremo campana, se muestran en figura 6.18 y tabla 6.38. El valor de  $e$  y  $t$ , se calcula mediante:

$$e = 12 (0,5 + 0,001 \text{ DN}) \text{ con un valor mínimo de 7 mm}$$

$$t = \begin{cases} 20 + 0,11 \text{ DN (redondeado a } \pm 5) \text{ para DN 40 a DN 1 200} \\ 45 + 0,06 \text{ DN (redondeado a } \pm 5) \text{ para DN 1 400 a DN 2 000} \\ 60 + 0,06 \text{ DN (redondeado a } \pm 5) \text{ para DN 2 200 a DN 2 600} \end{cases}$$



**Figura 6.18 - Esquema de dimensiones codo de 1/32 de doble extremo campana (sin escala)**

**Tabla 6.38 - Dimensiones del codo de 1/32 de doble extremo campana**

| <b>Diámetro nominal<br/>DN</b> | <b>e<br/>mm</b> | <b>t<br/>mm</b> | <b>Peso<br/>(aproximado)<br/>kg</b> |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|
| 40                             | 7,0             | 25              | 3,7                                 |
| 50                             | 7,0             | 25              | 4,7                                 |
| (60)                           | 7,0             | 25              | 5,4                                 |
| 65                             | 7,0             | 25              | 5,9                                 |
| 80                             | 7,0             | 30              | 7,1                                 |
| 100                            | 7,2             | 30              | 8,9                                 |
| 125                            | 7,5             | 35              | 11,9                                |
| 150                            | 7,8             | 35              | 14,8                                |
| 200                            | 8,4             | 40              | 22,0                                |
| 250                            | 9,0             | 50              | 30,5                                |
| 300                            | 9,6             | 55              | 40,5                                |
| 350                            | 10,2            | 60              | 52,0                                |
| 400                            | 10,8            | 65              | 65,0                                |
| 500                            | 12,0            | 75              | 96,0                                |
| 600                            | 13,2            | 85              | 134                                 |
| 700                            | 14,4            | 95              | 181                                 |
| 800                            | 15,6            | 110             | 239                                 |
| 900                            | 16,8            | 120             | 305                                 |
| 1 000                          | 18,0            | 130             | 381                                 |
| 1 200                          | 20,4            | 150             | 568                                 |
| 1 400                          | 22,8            | 130             | 747                                 |
| 1 600                          | 25,2            | 140             | 1 007                               |
| 1 800                          | 27,6            | 155             | 1 331                               |
| 2 000                          | 30,0            | 165             | 1 702                               |
| 2 200                          | 32,4            | 190             | 2 183                               |
| 2 400                          | 34,8            | 205             | 2 709                               |
| 2 600                          | 37,2            | 215             | 3 290                               |

**6.4.4.9 Te doble extremo campana con ramal en brida - DN 40 a DN 200**

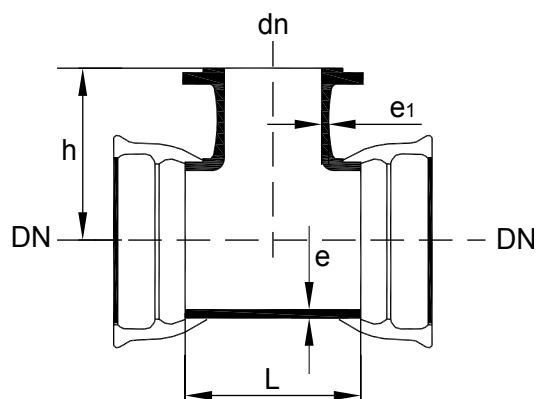
Las dimensiones y características de la Te doble extremo campana con ramal en brida, se muestran en figura 6.19 y tabla 6.39. El valor de e, e<sub>1</sub>, L y h, se calcula mediante:

$$e = 14 (0,5 + 0,001 \text{ DN})$$

$$e_1 = 14 (0,5 + 0,001 \text{ dn})$$

$$L = 70 + 0,06 \text{ DN} + 1,16 \text{ dn (redondeando a } \pm 5 \text{ )}$$

$$h = 100 + 0,6 \text{ DN} + 0,2 \text{ dn (redondeando a } \pm 5 \text{ )}$$



**Figura 6.19 - Esquema de dimensiones Te doble extremo campana con ramal en brida DN 40 a DN 200 (sin escala)**

**Tabla 6.39 - Dimensiones Te doble extremo campana con ramal en brida - DN 40 a DN 200**

| Cuerpo                 |         |         | Brida                  |                      |         | Peso (aproximado) con brida |            |             |            |
|------------------------|---------|---------|------------------------|----------------------|---------|-----------------------------|------------|-------------|------------|
| Diámetro nominal<br>DN | e<br>mm | L<br>mm | Diámetro nominal<br>dn | e <sub>1</sub><br>mm | h<br>mm | PN10<br>kg                  | PN16<br>kg | PN 25<br>kg | PN40<br>kg |
| 40                     | 7,6     | 120     | 40                     | 7,6                  | 130     | 6,9                         | 6,0        | 6,9         | 6,9        |
| 50                     | 7,7     | 130     | 50                     | 7,7                  | 140     | 8,6                         | 8,6        | 8,5         | 8,5        |
| (60)                   | 7,8     | 145     | (60)                   | 7,8                  | 150     | 10,0                        | 10,0       | 9,9         | 9,9        |
| 65                     | 7,9     | 150     | 65                     | 7,9                  | 150     | 10,9                        | 10,9       | 10,8        | 10,8       |
| 80                     | 8,1     | 170     | 80                     | 8,1                  | 165     | 13,5                        | 13,5       | 13,5        | 13,5       |
| 100                    | 8,4     | 170     | 80                     | 8,1                  | 175     | 15,8                        | 15,8       | 15,8        | 15,8       |
| 100                    | 8,4     | 190     | 100                    | 8,4                  | 180     | 17,2                        | 17,2       | 17,7        | 17,7       |
| 125                    | 8,8     | 170     | 80                     | 8,1                  | 190     | 19,4                        | 19,4       | 19,4        | 19,4       |
| 125                    | 8,8     | 195     | 100                    | 8,4                  | 195     | 21,0                        | 21,0       | 21,5        | 21,5       |
| 125                    | 8,8     | 225     | 125                    | 8,8                  | 200     | 23,0                        | 23,0       | 24,0        | 25,5       |
| 150                    | 9,1     | 170     | 80                     | 8,1                  | 205     | 23,0                        | 23,0       | 23,0        | 23,0       |
| 150                    | 9,1     | 195     | 100                    | 8,4                  | 210     | 24,5                        | 24,5       | 25,0        | 25,0       |
| 150                    | 9,1     | 255     | 150                    | 9,1                  | 220     | 29,5                        | 29,5       | 30,5        | 32,5       |
| 200                    | 9,8     | 175     | 80                     | 8,1                  | 235     | 31,5                        | 31,5       | 31,5        | 31,5       |
| 200                    | 9,8     | 200     | 100                    | 8,4                  | 240     | 33,5                        | 33,5       | 34,0        | 34,0       |
| 200                    | 9,8     | 255     | 150                    | 9,1                  | 250     | 39,0                        | 39,0       | 40,0        | 42,0       |
| 200                    | 9,8     | 315     | 200                    | 9,8                  | 260     | 45,6                        | 46,0       | 47,5        | 53,0       |

#### 6.4.4.10 Te doble extremo campana con ramal en brida – DN 250 a DN 600

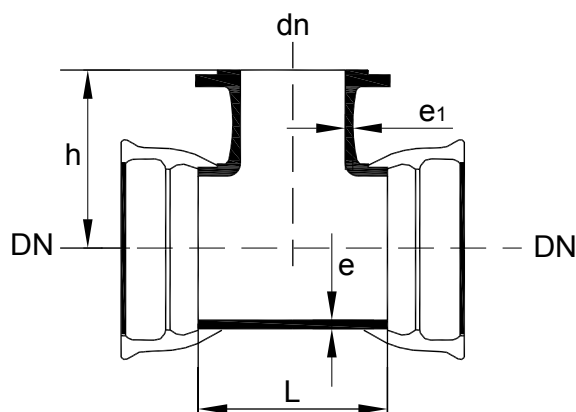
Las dimensiones y características de la Te doble extremo campana con ramal en brida, se muestran en figura 6.20 y tabla 6.40. El valor de e, e<sub>1</sub>, L y h, se calcula mediante:

$$e = 14 (0,5 + 0,001 \text{ DN})$$

$$e_1 = 14 (0,5 + 0,001 \text{ dn})$$

$$L = 70 + 0,06 \text{ DN} + 1,16 \text{ dn (redondeando a } \pm 5 \text{ )}$$

$$h = 100 + 0,6 \text{ DN} + 0,2 \text{ dn (redondeando a } \pm 5 \text{ )}$$



**Figura 6.20 - Esquema de dimensiones Te doble extremo campana con ramal en brida DN 250 a DN 600 (sin escala)**

**Tabla 6.40 - Dimensiones Te doble extremo campana con ramal en brida - DN 250 a DN 600**

| Cuerpo              |      |      | Brida               |                   |      | Peso (aproximado) con brida |         |          |         |
|---------------------|------|------|---------------------|-------------------|------|-----------------------------|---------|----------|---------|
| Diámetro nominal DN | e mm | L mm | Diámetro nominal dn | e <sub>1</sub> mm | h mm | PN10 kg                     | PN16 kg | PN 25 kg | PN40 kg |
| 250                 | 10,5 | 200  | 100                 | 8,4               | 270  | 43,5                        | 43,5    | 44       | 44      |
| 250                 | 10,5 | 315  | 200                 | 9,8               | 290  | 57                          | 57      | 59       | 64.5    |
| 250                 | 10,5 | 375  | 250                 | 10,5              | 300  | 65                          | 66      | 69       | 79      |
| 300                 | 11,2 | 205  | 100                 | 8,4               | 300  | 55                          | 55      | 56       | 56      |
| 300                 | 11,2 | 320  | 200                 | 9,8               | 320  | 71                          | 70      | 73       | 73      |
| 300                 | 11,2 | 435  | 300                 | 11,2              | 340  | 89                          | 91      | 95       | 110     |
| 350                 | 11,9 | 205  | 100                 | 8,4               | 330  | 68                          | 68      | 68       | -       |
| 350                 | 11,9 | 325  | 200                 | 9,8               | 350  | 86                          | 86      | 88       | -       |
| 350                 | 11,9 | 495  | 350                 | 11,9              | 380  | 117                         | 120     | 129      | -       |
| 400                 | 12,6 | 210  | 100                 | 8,4               | 360  | 83                          | 83      | 83       | -       |
| 400                 | 12,6 | 325  | 200                 | 9,8               | 380  | 103                         | 102     | 104      | -       |
| 400                 | 12,6 | 560  | 400                 | 12,6              | 420  | 150                         | 156     | 167      | -       |
| 500                 | 14,0 | 215  | 100                 | 8,4               | 420  | 116                         | 116     | 117      | -       |
| 500                 | 14,0 | 330  | 200                 | 9,8               | 440  | 142                         | 141     | 143      | -       |
| 500                 | 14,0 | 565  | 400                 | 12,6              | 480  | 199                         | 205     | 216      | -       |
| 500                 | 14,0 | 680  | 500                 | 14,0              | 500  | 232                         | 247     | 259      | -       |
| 600                 | 15,4 | 340  | 200                 | 9,8               | 500  | 189                         | 189     | 191      | -       |
| 600                 | 15,4 | 570  | 400                 | 12,6              | 540  | 258                         | 263     | 274      | -       |
| 600                 | 15,4 | 800  | 600                 | 15,4              | 580  | 340                         | 366     | 380      | -       |

#### 6.4.4.11 Te doble extremo campana con ramal en brida – DN 700 a DN 1 200

Las dimensiones y características de la Te doble extremo campana con ramal en brida, se muestra en figura 6.21 y tabla 6.41. El valor de e, e<sub>1</sub>, L y h, se calcula mediante:

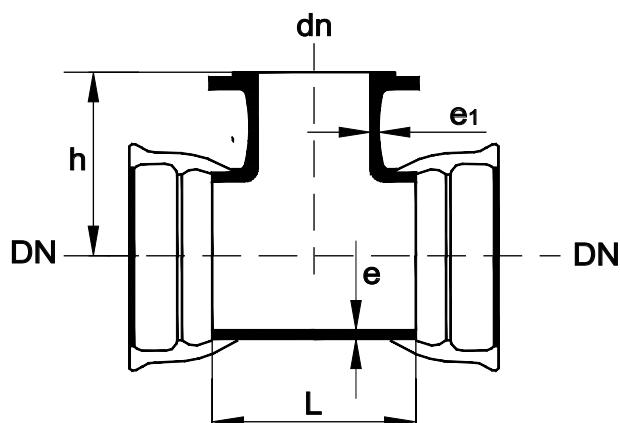
$$e = 14 (0,5 + 0,001 \text{ DN})$$

$$e_1 = 14 (0,5 + 0,001 \text{ dn})$$

$$L = 70 + 0,06 \text{ DN} + 1,16 \text{ dn (redondeando a } \pm 5)^4$$

$$h = 75 + 0,6 \text{ DN} + 0,15 \text{ dn (redondeando a } \pm 5)$$

<sup>4</sup> La longitud L de la te para los diámetros nominales DN superiores a 600, es equivalente a la te que tiene el mismo diámetro nominal



**Figura 6.21 - Esquema de dimensiones Te doble extremo campana con ramal en brida DN 700 a DN 1 200 (sin escala)**

**Tabla 6.41- Dimensiones Te doble extremo campana con ramal en brida - DN 700 a DN 1 200**

| Cuerpo              |      |       | Brida               |                   |      | Peso (aproximado) con brida |         |          |
|---------------------|------|-------|---------------------|-------------------|------|-----------------------------|---------|----------|
| Diámetro nominal DN | e mm | L mm  | Diámetro nominal dn | e <sub>1</sub> mm | h mm | PN10 kg                     | PN16 kg | PN 25 kg |
| 700                 | 16,8 | 345   | 200                 | 9,8               | 525  | 242                         | 242     | -        |
| 700                 | 16,8 | 575   | 400                 | 12,6              | 555  | 320                         | 325     | -        |
| 700                 | 16,8 | 925   | 700                 | 16,8              | 600  | 460                         | 475     | -        |
| 800                 | 18,2 | 350   | 200                 | 9,8               | 585  | 306                         | 306     | -        |
| 800                 | 18,2 | 580   | 400                 | 12,6              | 615  | 398                         | 403     | -        |
| 800                 | 18,2 | 1 045 | 600                 | 15,4              | 645  | 579                         | 605     | -        |
| 800                 | 18,2 | 1 045 | 800                 | 18,2              | 675  | 623                         | 642     | -        |
| 900                 | 19,6 | 355   | 200                 | 9,8               | 645  | 379                         | 379     | -        |
| 900                 | 19,6 | 590   | 400                 | 12,6              | 675  | 490                         | 495     | -        |
| 900                 | 19,6 | 1 170 | 600                 | 15,4              | 705  | 748                         | 774     | -        |
| 900                 | 19,6 | 1 170 | 900                 | 19,6              | 750  | 814                         | 838     | -        |
| 1 000               | 21,0 | 360   | 200                 | 9,8               | 705  | 462                         | 462     | -        |
| 1 000               | 21,0 | 595   | 400                 | 12,6              | 735  | 591                         | 596     | -        |
| 1 000               | 21,0 | 1 290 | 600                 | 15,4              | 765  | 947                         | 973     | -        |
| 1 000               | 21,0 | 1 290 | 1 000               | 21,0              | 825  | 1 044                       | 1 086   | -        |
| 1 200               | 23,8 | 840   | 600                 | 15,4              | 885  | 1 000                       | 1 027   | -        |
| 1 200               | 23,8 | 1 070 | 800                 | 18,2              | 915  | 1 190                       | 1 210   | -        |
| 1 200               | 23,8 | 1 300 | 1 000               | 21,0              | 945  | 1 406                       | 1 448   | -        |

#### 6.4.4.12 Te doble extremo campana con ramal en brida – DN 1 400 a DN 2 600

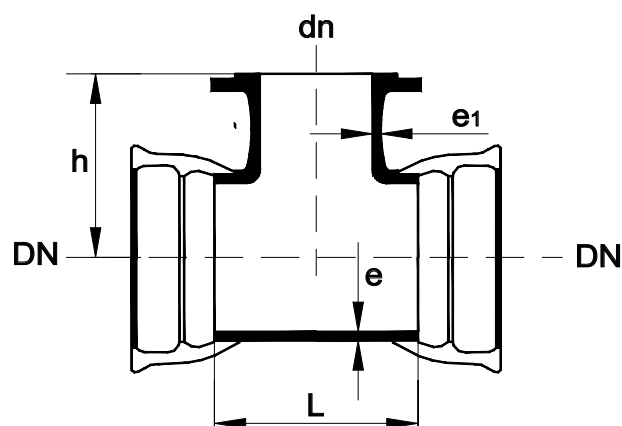
Las dimensiones y características de la Te doble extremo campana con ramal en brida, se muestran en figura 6.22 y tabla 6.42. El valor de e, e<sub>1</sub>, L y h, se calcula mediante:

$$e = 14 (0,5 + 0,001 \text{ DN})$$

$$e_1 = 14 (0,5 + 0,001 \text{ dn})$$

$$L = 250 + 0,06 \text{ DN} + 1,16 \text{ dn (redondeando a } \pm 5 \text{ )}$$

$$h = 120 + 0,55 \text{ DN} + 0,15 \text{ dn (redondeando a } \pm 5 \text{ )}$$



**Figura 6.22 - Esquema de dimensiones Te doble extremo campana con ramal en brida DN 1 400 a DN 2 600 (sin escala)**

**Tabla 6.42 - Dimensiones Te doble extremo campana con ramal en brida - DN 1 400 a DN 2 600**

| Cuerpo              |      |       | Brida               |                   |       | Peso aprox. con brida |         |
|---------------------|------|-------|---------------------|-------------------|-------|-----------------------|---------|
| Diámetro nominal DN | e mm | L mm  | Diámetro nominal dn | e <sub>1</sub> mm | h mm  | PN10 kg               | PN16 kg |
| 1 400               | 26,6 | 1 030 | 600                 | 15,4              | 980   | 1 478                 | 1 505   |
| 1 400               | 26,6 | 1 260 | 800                 | 18,2              | 1 010 | 1 709                 | 1 728   |
| 1 400               | 26,6 | 1 495 | 1 000               | 21,0              | 1 040 | 1 955                 | 1 996   |
| 1 600               | 29,4 | 1 040 | 600                 | 15,4              | 1 090 | 1 908                 | 1 934   |
| 1 600               | 29,4 | 1 275 | 800                 | 18,2              | 1 120 | 2 192                 | 2 211   |
| 1 600               | 29,4 | 1 505 | 1 000               | 21,0              | 1 150 | 2 480                 | 2 522   |
| 1 600               | 29,4 | 1 740 | 1 200               | 23,8              | 1 180 | 2 799                 | 2 863   |
| 1 800               | 32,2 | 1 055 | 600                 | 15,4              | 1 200 | 2 414                 | 2 440   |
| 1 800               | 32,2 | 1 285 | 800                 | 18,2              | 1 230 | 2 748                 | 2 767   |
| 1 800               | 32,2 | 1 520 | 1 000               | 21,0              | 1 260 | 3 095                 | 3 137   |
| 1 800               | 32,2 | 1 750 | 1 200               | 23,8              | 1 290 | 3 460                 | 2 524   |
| 2 000               | 35,0 | 1 065 | 600                 | 15,4              | 1 310 | 2 988                 | 3 015   |
| 2 000               | 35,0 | 1 530 | 1 000               | 21,0              | 1 370 | 3 790                 | 3 832   |
| 2 000               | 35,0 | 1 995 | 1 400               | 26,6              | 1 430 | 4 645                 | 4 713   |
| 2 200               | 37,8 | 1 080 | 600                 | 15,4              | 1 420 | 3 647                 | 3 674   |
| 2 200               | 37,8 | 1 775 | 1 200               | 23,8              | 1 510 | 5 056                 | 5 119   |
| 2 200               | 37,8 | 2 470 | 1 800               | 32,2              | 1 600 | 6 579                 | 6 705   |
| 2 400               | 40,6 | 1 090 | 600                 | 15,4              | 1 530 | 4 383                 | 4 409   |
| 2 400               | 40,6 | 1 785 | 1 200               | 23,8              | 1 620 | 6 005                 | 6 069   |
| 2 400               | 40,6 | 2 480 | 1 800               | 32,2              | 1 710 | 7 734                 | 7 860   |
| 2 600               | 43,4 | 1 100 | 600                 | 15,4              | 1 640 | 5 205                 | 5 231   |
| 2 600               | 43,4 | 2 030 | 1 400               | 26,5              | 1 750 | 7 704                 | 7 772   |
| 2 600               | 43,4 | 2 725 | 2 000               | 35,0              | 1 850 | 9 713                 | 9 886   |

#### 6.4.4.13 Te con todos los extremos campana

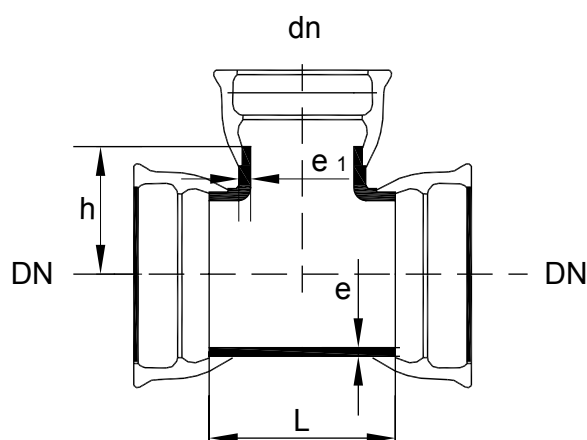
Las dimensiones y características de la te con todos los extremos en campana, se muestra en figura 6.23 y tabla 6.43. El valor de e, e<sub>1</sub>, L y h, se calcula mediante:

$$e = 14 (0,5 + 0,001 \text{ DN})$$

$$e_1 = 14 (0,5 + 0,001 \text{ dn})$$

$$L = 70 + 0,06 \text{ DN} + 1,16 \text{ dn (redondeando a } \pm 5 \text{ )}$$

$$h = 36 + 0,55 \text{ DN} + 0,11 \text{ dn (redondeando a } \pm 5 \text{ )}$$



**Figura 6.23 - Esquema de dimensiones Te con extremos en campana (sin escala)**

**Tabla 6.43 - Dimensiones Te con todos los extremos en campana**

| Cuerpo                    |         |         | Brida                     |                      |         | Peso<br>(aproximado)<br>kg |
|---------------------------|---------|---------|---------------------------|----------------------|---------|----------------------------|
| Diámetro<br>nominal<br>DN | e<br>mm | L<br>mm | Diámetro<br>nominal<br>dn | e <sub>1</sub><br>mm | h<br>mm |                            |
| 40                        | 7,6     | 120     | 40                        | 7,6                  | 60      | 4,5                        |
| 50                        | 7,7     | 130     | 50                        | 7,7                  | 65      | 5,6                        |
| (60)                      | 7,8     | 145     | (60)                      | 7,8                  | 70      | 6,9                        |
| 65                        | 7,9     | 150     | 65                        | 7,9                  | 75      | 7,5                        |
| 80                        | 8,1     | 120     | 40                        | 8,1                  | 80      | 10,2                       |
| 80                        | 8,1     | 170     | 80                        | 8,1                  | 85      | 12,4                       |
| 100                       | 8,4     | 120     | 40                        | 8,4                  | 90      | 12,3                       |
| 100                       | 8,4     | 145     | (60)                      | 8,4                  | 90      | 13,8                       |
| 100                       | 8,4     | 170     | 80                        | 8,4                  | 95      | 14,8                       |
| 100                       | 8,4     | 190     | 100                       | 8,4                  | 95      | 16,1                       |
| 125                       | 8,8     | 125     | 40                        | 8,8                  | 100     | 15,3                       |
| 125                       | 8,8     | 225     | 125                       | 8,8                  | 110     | 22,0                       |
| 150                       | 9,1     | 125     | 40                        | 9,1                  | 115     | 18,7                       |
| 150                       | 9,1     | 170     | 80                        | 9,1                  | 120     | 21,5                       |
| 150                       | 9,1     | 195     | 100                       | 9,1                  | 120     | 23,5                       |
| 150                       | 9,1     | 255     | 150                       | 9,1                  | 125     | 28,0                       |
| 200                       | 9,8     | 130     | 40                        | 9,8                  | 140     | 26,4                       |
| 200                       | 9,8     | 175     | 80                        | 9,8                  | 145     | 30,0                       |
| 200                       | 9,8     | 200     | 100                       | 9,8                  | 145     | 32,0                       |
| 200                       | 9,8     | 255     | 150                       | 9,8                  | 150     | 37,0                       |
| 200                       | 9,8     | 315     | 200                       | 9,8                  | 155     | 43,0                       |



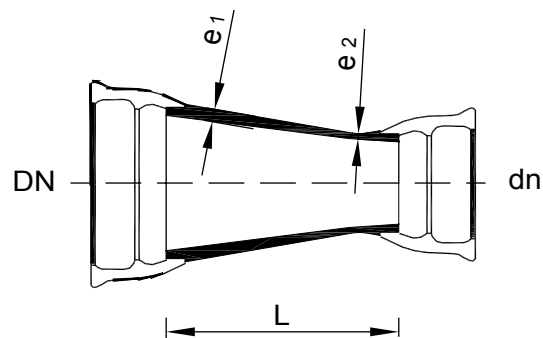
#### 6.4.4.14 Cono de doble extremo campana

Las dimensiones y características del cono de doble extremo campana, se muestra en figura 6.24 y tabla 6.44. El valor de  $e_1$ ,  $e_2$  y  $L$ , se calcula mediante:

$$e_1 = 12 (0,5 + 0,001 DN), \text{ con un valor mínimo de 7 mm}$$

$$e_2 = 12 (0,5 + 0,001 dn), \text{ con un valor mínimo de 7 mm}$$

$$L = \begin{cases} 50 + 2 (DN - dn), & \text{de DN } 50 \text{ a DN } 300 \\ 60 + 2 (DN - dn), & \text{de DN } 350 \text{ a DN } 600 \\ 80 + 2 (DN - dn), & \text{de DN } 700 \text{ a DN } 1\,200 \\ 160 + 2 (DN - dn), & \text{de DN } 1\,400 \text{ a DN } 2\,600 \end{cases}$$



**Figura 6.24 - Esquema de dimensiones cono de doble extremo campana (sin escala)**

Tabla 6.44 - Dimensiones de cono de doble extremo campana

| Diámetro mayor         |                      | Diámetro menor         |                      | L   | Peso<br>(aproximado) |
|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|-----|----------------------|
| Diámetro nominal<br>DN | e <sub>1</sub><br>mm | Diámetro nominal<br>dn | e <sub>2</sub><br>mm |     |                      |
| 50                     | 7,0                  | 40                     | 7,0                  | 70  | 4,2                  |
| (60)                   | 7,0                  | 50                     | 7,0                  | 70  | 5,2                  |
| 65                     | 7,0                  | 50                     | 7,0                  | 80  | 5,7                  |
| 80                     | 7,0                  | (60)                   | 7,0                  | 90  | 7,1                  |
| 80                     | 7,0                  | 65                     | 7,0                  | 80  | 6,6                  |
| 100                    | 7,2                  | 80                     | 7,0                  | 90  | 8,5                  |
| 125                    | 7,5                  | 80                     | 7,0                  | 140 | 10,8                 |
| 125                    | 7,5                  | 100                    | 7,2                  | 100 | 11,1                 |
| 150                    | 7,8                  | 80                     | 7,0                  | 190 | 13,5                 |
| 150                    | 7,8                  | 100                    | 7,2                  | 150 | 13,8                 |
| 150                    | 7,8                  | 125                    | 7,5                  | 100 | 14,1                 |
| 200                    | 8,4                  | 100                    | 7,2                  | 250 | 20,5                 |
| 200                    | 8,4                  | 125                    | 7,5                  | 200 | 20,5                 |
| 200                    | 8,4                  | 150                    | 7,8                  | 150 | 21,0                 |
| 250                    | 9,0                  | 125                    | 7,5                  | 300 | 29,0                 |
| 250                    | 9,0                  | 150                    | 7,8                  | 250 | 29,0                 |
| 250                    | 9,0                  | 200                    | 8,4                  | 150 | 29,0                 |
| 300                    | 9,6                  | 150                    | 7,8                  | 350 | 39,5                 |
| 300                    | 9,6                  | 200                    | 8,4                  | 250 | 39,5                 |
| 300                    | 9,6                  | 250                    | 9,0                  | 150 | 38,5                 |
| 350                    | 10,2                 | 200                    | 8,4                  | 360 | 52,0                 |
| 350                    | 10,2                 | 250                    | 9,0                  | 260 | 51,0                 |
| 350                    | 10,2                 | 300                    | 9,6                  | 160 | 49,5                 |
| 400                    | 10,8                 | 250                    | 9,0                  | 360 | 66,0                 |
| 400                    | 10,8                 | 300                    | 9,6                  | 260 | 64,0                 |
| 400                    | 10,8                 | 350                    | 10,2                 | 160 | 62,0                 |
| 500                    | 12,0                 | 350                    | 10,2                 | 360 | 98,0                 |
| 500                    | 12,0                 | 400                    | 10,8                 | 260 | 94,0                 |
| 600                    | 13,2                 | 400                    | 10,8                 | 460 | 142                  |
| 600                    | 13,2                 | 500                    | 12,0                 | 260 | 131                  |
| 700                    | 14,4                 | 500                    | 12,0                 | 480 | 194                  |
| 700                    | 14,4                 | 600                    | 13,2                 | 280 | 178                  |
| 800                    | 15,6                 | 600                    | 13,2                 | 480 | 252                  |
| 800                    | 15,6                 | 700                    | 14,4                 | 280 | 229                  |
| 900                    | 16,8                 | 700                    | 14,4                 | 480 | 318                  |
| 900                    | 16,8                 | 800                    | 15,6                 | 280 | 288                  |
| 1 000                  | 18,0                 | 800                    | 15,6                 | 480 | 392                  |
| 1 000                  | 18,0                 | 900                    | 16,8                 | 280 | 354                  |
| 1 200                  | 20,4                 | 1 000                  | 18,0                 | 480 | 570                  |
| 1 400                  | 22,8                 | 1 200                  | 20,4                 | 360 | 711                  |
| 1 600                  | 25,2                 | 1 400                  | 22,8                 | 360 | 951                  |
| 1 800                  | 27,6                 | 1 600                  | 25,2                 | 360 | 1 235                |
| 2 000                  | 30,0                 | 1 800                  | 27,6                 | 360 | 1 566                |
| 2 200                  | 32,4                 | 2 000                  | 30,0                 | 360 | 1 948                |
| 2 400                  | 34,8                 | 2 200                  | 32,4                 | 360 | 2 374                |
| 2 600                  | 37,2                 | 2 400                  | 34,8                 | 360 | 2 877                |

#### 6.4.4.15 Cono de doble extremo brida

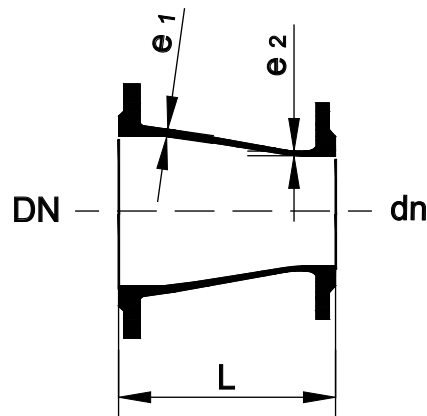
Las dimensiones y características del cono de doble extremo brida, se muestran en figura 6.25 y tabla 6.45. El valor de  $e_1$ ,  $e_2$  y  $L$ , se calcula mediante:

$e_1 = 12 (0,5 + 0,001 DN)$ , con un valor mínimo de 7 mm

$e_2 = 12 (0,5 + 0,001 dn)$ , con un valor mínimo de 7 mm

$$L = \begin{cases} 150 & \text{de } (DN - dn) = 10 \\ 200 & \text{de } 15 < (DN - dn) < 25 \\ 300 & \text{de } (DN - dn) = 50 \\ 600 & \text{de } (DN - dn) = 100 \end{cases}$$

$L = 2,15 DN - 1,85 dn + 60$ , para DN 1 200 a DN 2 600



**Figura 6.25 - Esquema de dimensiones cono de doble extremo brida (sin escala)**

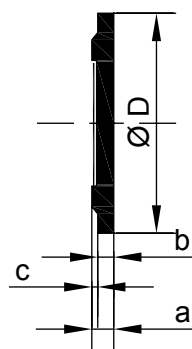
Tabla 6.45 - Dimensiones de cono de doble extremo brida

| Diámetro mayor      |                   | Diámetro menor      |                   | L     | Peso (aproximado) con brida |         |          |         |
|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------|-----------------------------|---------|----------|---------|
| Diámetro nominal DN | e <sub>1</sub> mm | Diámetro nominal dn | e <sub>2</sub> mm |       | PN10 kg                     | PN16 kg | PN 25 kg | PN40 kg |
| 50                  | 7,0               | 4,0                 | 7,0               | 150   | 5,1                         | 5,1     | 5,1      | 5,1     |
| (60)                | 7,0               | 50                  | 7,0               | 160   | 5,8                         | 5,8     | 5,7      | 5,7     |
| 65                  | 7,0               | 50                  | 7,0               | 200   | 6,7                         | 6,7     | 6,6      | 6,6     |
| 80                  | 7,0               | (60)                | 7,0               | 200   | 7,5                         | 7,5     | 7,4      | 7,4     |
| 80                  | 7,0               | 65                  | 7,0               | 200   | 7,9                         | 7,9     | 7,8      | 7,8     |
| 100                 | 7,2               | 80                  | 7,0               | 200   | 9,3                         | 9,3     | 9,8      | 9,8     |
| 125                 | 7,5               | 100                 | 7,2               | 200   | 11,3                        | 11,3    | 12,5     | 13,8    |
| 150                 | 7,8               | 125                 | 7,5               | 200   | 14,0                        | 14,0    | 15,5     | 18,9    |
| 200                 | 8,4               | 150                 | 7,3               | 300   | 22,0                        | 21,5    | 25,0     | 31,5    |
| 250                 | 9,0               | 200                 | 8,4               | 300   | 30,0                        | 29,5    | 35,5     | 51,0    |
| 300                 | 9,6               | 250                 | 9,0               | 300   | 40,5                        | 39,5    | 49,0     | 74,5    |
| 350                 | 10,2              | 300                 | 9,6               | 300   | 49,5                        | 52,0    | 66,0     | -       |
| 400                 | 10,8              | 350                 | 10,2              | 300   | 58,0                        | 67,0    | 86,0     | -       |
| 500                 | 12,0              | 400                 | 10,3              | 600   | 110                         | 130     | 153      | -       |
| 600                 | 13,2              | 500                 | 12,0              | 600   | 149                         | 190     | 216      | -       |
| 700                 | 14,4              | 600                 | 13,2              | 600   | 195                         | 236     | -        | -       |
| 800                 | 15,6              | 700                 | 14,4              | 600   | 250                         | 285     | -        | -       |
| 900                 | 16,8              | 800                 | 15,6              | 600   | 308                         | 352     | -        | -       |
| 1 000               | 18,0              | 900                 | 16,8              | 600   | 373                         | 438     | -        | -       |
| 1 200               | 20,4              | 1 000               | 18,0              | 790   | 586                         | 692     | -        | -       |
| 1 400               | 22,8              | 1 200               | 20,4              | 850   | 814                         | 947     | -        | -       |
| 1 600               | 25,2              | 1 400               | 22,8              | 910   | 1 103                       | 1 273   | -        | -       |
| 1 800               | 27,6              | 1 600               | 25,2              | 970   | 1 436                       | 1 664   | -        | -       |
| 2 000               | 30,0              | 1 800               | 27,6              | 1 030 | 1 800                       | 2 079   | -        | -       |
| 2 200               | 32,4              | 2 000               | 30,0              | 1 090 | 2 250                       | 2 570   | -        | -       |
| 2 400               | 34,8              | 2 200               | 32,4              | 1 150 | 2 765                       | 3 134   | -        | -       |
| 2 600               | 37,2              | 2 400               | 34,8              | 1 210 | 3 311                       | 3 748   | -        | -       |

#### 6.4.4.16 Brida ciega PN 10

Las dimensiones y características de la brida ciega PN 10, se muestra en figura 6.26 y tabla 6.46. El valor de b, se calcula mediante:

$$b = \begin{cases} 10 + 0,035 \text{ DN, con un valor mínimo de } 16 \text{ mm, para DN } 40 \text{ a DN } 300 \\ 10 + 0,025 \text{ DN, con un valor mínimo de } 20,5 \text{ mm, para DN } 350 \text{ a DN } 1\,200 \\ 20 + 0,015 \text{ DN, para DN } 1\,400 \text{ a DN } 2\,600 \end{cases}$$



**Figura 6.26 - Esquema de dimensiones brida ciega PN 10 (sin escala)**

**Tabla 6.46 - Dimensiones de brida ciega PN 10**

| <b>Diámetro nominal<br/>DN</b> | <b>D<br/>mm</b> | <b>a<br/>mm</b> | <b>b<br/>mm</b> | <b>c<br/>mm</b> | <b>Peso<br/>(aproximado)<br/>kg</b> |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|
| 40                             | 150             | 19              | 16              | 3               | 2,0                                 |
| 50                             | 165             | 19              | 16              | 3               | 2,4                                 |
| (60)                           | 175             | 19              | 16              | 3               | 2,7                                 |
| 65                             | 185             | 19              | 16              | 3               | 3,1                                 |
| 80                             | 200             | 19              | 16              | 3               | 3,5                                 |
| 100                            | 220             | 19              | 16              | 3               | 4,3                                 |
| 125                            | 250             | 19              | 16              | 3               | 5,6                                 |
| 150                            | 285             | 19              | 16              | 3               | 7,2                                 |
| 200                            | 340             | 20              | 17              | 3               | 11,0                                |
| 250                            | 400             | 22              | 19              | 3               | 16,9                                |
| 300                            | 455             | 24,5            | 20,5            | 4               | 24,0                                |
| 350                            | 505             | 24,5            | 20,5            | 4               | 29,5                                |
| 400                            | 565             | 24,5            | 20,5            | 4               | 36,5                                |
| 500                            | 670             | 26,5            | 22,5            | 4               | 56,0                                |
| 600                            | 780             | 30,0            | 25,0            | 5               | 85,0                                |
| 700                            | 895             | 32,5            | 27,5            | 5               | 123                                 |
| 800                            | 1 015           | 35,0            | 30,0            | 5               | 172                                 |
| 900                            | 1 115           | 37,5            | 32,5            | 5               | 224                                 |
| 1 000                          | 1 230           | 40              | 35              | 5               | 293                                 |
| 1 200                          | 1 455           | 45              | 40              | 5               | 575                                 |
| 1 400                          | 1 675           | 46              | 41              | 5               | 739                                 |
| 1 600                          | 1 915           | 49              | 44              | 5               | 1 239                               |
| 1 800                          | 2 115           | 52              | 47              | 5               | 1 717                               |
| 2 000                          | 2 325           | 55              | 50              | 5               | 2 272                               |
| 2 200                          | 2 550           | 59              | 53              | 6               | 2 253                               |
| 2 400                          | 2 760           | 62              | 56              | 6               | 2 781                               |
| 2 600                          | 2 960           | 65              | 59              | 6               | 3 365                               |

**NOTA**

Para las bridas de diámetro nominal DN 350 y superiores, el centro de las bridas ciegas, puede ser en forma de disco

#### 6.4.4.17 Brida ciega PN 16

Las dimensiones y características de la brida ciega, se muestra en figura 6.27 y tabla 6.47. El valor de  $b$ , se calcula mediante:

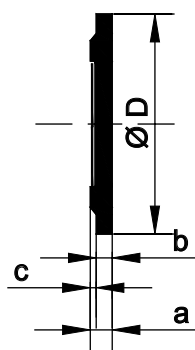
$$b = \begin{cases} 10 + 0,035 \text{ DN, con un valor mínimo de 16 mm, para DN 40 a DN 1 200} \\ 20 + 0,025 \text{ DN, para DN 1 400 a DN 2 600} \end{cases}$$

**Tabla 6.47 - Dimensiones de la brida ciega PN 16**

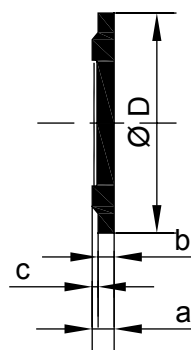
| Diámetro nominal<br>DN | D<br>mm | a<br>mm | b<br>mm | c<br>mm | Peso<br>(aproximado)<br>kg |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|----------------------------|
| 40                     | 150     | 19      | 16      | 3       | 2,0                        |
| 50                     | 165     | 19      | 16      | 3       | 2,4                        |
| (60)                   | 175     | 19      | 16      | 3       | 2,7                        |
| 65                     | 185     | 19      | 16      | 3       | 3,1                        |
| 80                     | 200     | 19      | 16      | 3       | 3,5                        |
| 100                    | 220     | 19      | 16      | 3       | 4,3                        |
| 125                    | 250     | 19      | 16      | 3       | 5,6                        |
| 150                    | 285     | 19      | 16      | 3       | 7,2                        |
| 200                    | 340     | 20      | 17      | 3       | 10,8                       |
| 250                    | 400     | 22      | 19      | 3       | 16,6                       |
| 300                    | 455     | 24,5    | 20,5    | 4       | 23,5                       |
| 350                    | 520     | 26,5    | 22,5    | 4       | 33,5                       |
| 400                    | 580     | 28,0    | 24,0    | 4       | 44,5                       |
| 500                    | 715     | 31,5    | 27,5    | 4       | 77,0                       |
| 600                    | 840     | 36,0    | 31,0    | 5       | 121                        |
| 700                    | 910     | 39,5    | 34,5    | 5       | 156                        |
| 800                    | 1 025   | 43,0    | 38,0    | 5       | 218                        |
| 900                    | 1 125   | 46,5    | 41,5    | 5       | 286                        |
| 1 000                  | 1 255   | 50      | 45      | 5       | 387                        |
| 1 200                  | 1 485   | 57      | 52      | 5       | 662                        |
| 1 400                  | 1 685   | 60      | 55      | 5       | 994                        |
| 1 600                  | 1 930   | 65      | 60      | 5       | 1 409                      |
| 1 800                  | 2 130   | 70      | 65      | 5       | 1 858                      |
| 2 000                  | 2 345   | 75      | 70      | 5       | 2 407                      |
| 2 200                  | 2 555   | 81      | 75      | 6       | 3 097                      |
| 2 400                  | 2 765   | 86      | 80      | 6       | 3 863                      |
| 2 600                  | 2 965   | 91      | 85      | 6       | 4 716                      |

**NOTA**

Para las bridas de diámetro nominal DN 350 y superiores, el centro de las bridas ciegas, puede ser en forma de disco.



**Figura 6.27 - Esquema de dimensiones  
brida ciega PN 16 (sin escala)**



**Figura 6.28 - Esquema de dimensiones  
brida ciega PN 25 (sin escala)**

#### 6.4.4.18 Brida ciega PN 25

Las dimensiones y características de la brida ciega, se muestra en figura 6.28 y tabla 6.48. El valor de b , se calcula mediante:

$b = 10 + 0,045 \text{ DN}$ , con un valor mínimo de 16 mm.

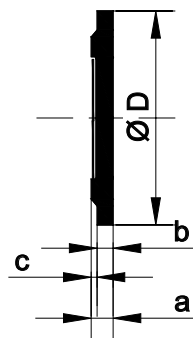
**Tabla 6.48 - Dimensiones de la brida ciega PN 25**

| Diámetro nominal<br>DN | D<br>mm | a<br>mm | b<br>mm | c<br>mm | Peso<br>(aproximado)<br>kg |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|----------------------------|
| 40                     | 150     | 19      | 16      | 3       | 2,0                        |
| 50                     | 165     | 19      | 16      | 3       | 2,4                        |
| (60)                   | 175     | 19      | 16      | 3       | 2,7                        |
| 65                     | 185     | 19      | 16      | 3       | 2,9                        |
| 80                     | 200     | 19      | 16      | 3       | 3,5                        |
| 100                    | 235     | 19      | 16      | 3       | 4,8                        |
| 125                    | 270     | 19      | 16      | 3       | 6,2                        |
| 150                    | 300     | 20      | 17      | 3       | 8,3                        |
| 200                    | 360     | 22      | 19      | 3       | 13,3                       |
| 250                    | 425     | 24,5    | 21,5    | 3       | 21,0                       |
| 300                    | 485     | 27,5    | 23,5    | 4       | 30,0                       |
| 350                    | 555     | 30,0    | 25,0    | 4       | 43,5                       |
| 400                    | 620     | 32,0    | 28,0    | 4       | 58,0                       |
| 500                    | 730     | 36,5    | 32,5    | 4       | 94,0                       |
| 600                    | 845     | 42,0    | 37,0    | 5       | 144,0                      |

#### 6.4.4.19 Brida ciega PN 40

Las dimensiones y características de la brida ciega, se muestra en figura 6.29 y tabla 6.49. El valor de b , se calcula mediante:

$b = 10 + 0.085 \text{ DN}$ , con un valor mínimo de 16 mm.



**Figura 6.29 - Esquema de dimensiones brida ciega PN 40 (sin escala)**

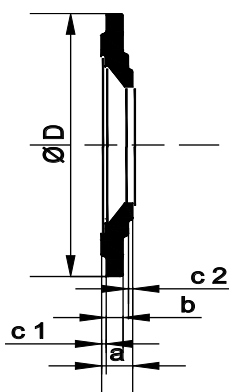
**Tabla 6.49 - Dimensiones de la brida ciega PN 40**

| Diámetro nominal<br>DN | D<br>mm | a<br>mm | b<br>mm | c<br>mm | Peso<br>(aproximado)<br>kg |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|----------------------------|
| 40                     | 150     | 19      | 16      | 3       | 2,0                        |
| 50                     | 165     | 19      | 16      | 3       | 2,4                        |
| (60)                   | 175     | 19      | 16      | 3       | 2,6                        |
| 65                     | 185     | 19      | 16      | 3       | 2,9                        |
| 80                     | 200     | 19      | 16      | 3       | 3,7                        |
| 100                    | 235     | 19      | 16      | 3       | 5,1                        |
| 125                    | 270     | 23,5    | 20,5    | 3       | 8,3                        |
| 150                    | 300     | 26,0    | 23,0    | 3       | 11,4                       |
| 200                    | 375     | 30,0    | 27,0    | 3       | 20,5                       |
| 250                    | 450     | 34,5    | 31,5    | 3       | 34,5                       |
| 300                    | 515     | 39,5    | 35,5    | 4       | 51,0                       |

#### 6.4.4.20 Brida de reducción PN 10

Las dimensiones y características de la brida de reducción, se muestra en la figura 6.30 y la tabla 6.50. El valor de b , se calcula mediante:

$$b = \begin{cases} 10 + 0,035 \text{ DN, con un valor mínimo de 16 mm, hasta DN 200} \\ 10 + 0,025 \text{ DN, con un valor mínimo de 20,5 mm para DN 350 a DN 1 000} \end{cases}$$



**Figura 6.30 - Esquema de dimensiones brida de reducción PN 10 (sin escala)**



**Tabla 6.50 - Dimensiones de la brida de reducción PN 10**

| Diámetro mayor         |         |         |                      | Diámetro menor         |                      | a  | Peso<br>(aproximado)<br>kg |
|------------------------|---------|---------|----------------------|------------------------|----------------------|----|----------------------------|
| Diámetro nominal<br>DN | D<br>mm | b<br>mm | c <sub>1</sub><br>mm | Diámetro nominal<br>dn | c <sub>2</sub><br>mm |    |                            |
| 200                    | 340     | 17      | 3                    | 80                     | 3                    | 40 | 13,3                       |
| 200                    | 340     | 17      | 3                    | 100                    | 3                    | 40 | 13,2                       |
| 200                    | 340     | 17      | 3                    | 125                    | 3                    | 40 | 13,5                       |
| 350                    | 505     | 20,5    | 4                    | 250                    | 3                    | 48 | 32,0                       |
| 400                    | 565     | 20,5    | 4                    | 250                    | 3                    | 48 | 39,0                       |
| 400                    | 565     | 20,5    | 4                    | 300                    | 4                    | 49 | 38,0                       |
| 700                    | 895     | 27,5    | 5                    | 500                    | 4                    | 56 | 102                        |
| 900                    | 1 115   | 32,5    | 5                    | 700                    | 5                    | 63 | 165                        |
| 1 000                  | 1 230   | 35,0    | 6                    | 700                    | 5                    | 63 | 222                        |
| 1 000                  | 1 230   | 35,0    | 6                    | 800                    | 5                    | 68 | 209                        |

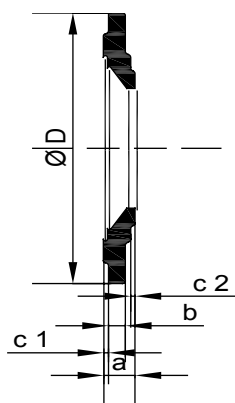
**6.4.4.21 Brida de reducción PN 16**

Las dimensiones y características de la brida de reducción, se muestra en figura 6.31 y tabla 6.51. El valor de b, se calcula mediante:

$b = 10 + 0,035 \text{ DN}$ , con un valor mínimo de 16 mm.

**Tabla 6.51 - Dimensiones de la brida de reducción PN 16**

| Diámetro mayor         |         |         |                      | Diámetro menor         |                      | a  | Peso<br>(aproximado)<br>kg |
|------------------------|---------|---------|----------------------|------------------------|----------------------|----|----------------------------|
| Diámetro nominal<br>DN | D<br>mm | b<br>mm | c <sub>1</sub><br>mm | Diámetro nominal<br>dn | c <sub>2</sub><br>mm |    |                            |
| 200                    | 340     | 17      | 3                    | 80                     | 3                    | 40 | 13,0                       |
| 200                    | 340     | 17      | 3                    | 100                    | 3                    | 40 | 13,0                       |
| 200                    | 340     | 17      | 3                    | 125                    | 3                    | 40 | 13,3                       |
| 350                    | 520     | 22,5    | 4                    | 250                    | 3                    | 54 | 36,5                       |
| 400                    | 580     | 24,0    | 4                    | 250                    | 3                    | 54 | 46,0                       |
| 400                    | 580     | 24,0    | 4                    | 300                    | 4                    | 55 | 44,5                       |
| 700                    | 910     | 34,5    | 5                    | 500                    | 4                    | 67 | 134                        |
| 900                    | 1 125   | 41,5    | 5                    | 700                    | 5                    | 73 | 200                        |
| 1 000                  | 1 255   | 45,0    | 5                    | 700                    | 5                    | 73 | 285                        |
| 1 000                  | 1 255   | 45,0    | 5                    | 800                    | 5                    | 77 | 260                        |



**Figura 6.31 - Esquema de dimensiones brida de reducción PN 16 (sin escala)**

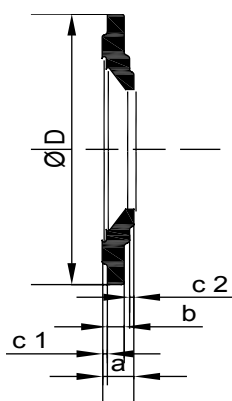
#### 6.4.4.22 Brida de reducción PN 25

Las dimensiones y características de la brida de reducción, se muestra en figura 6.32 y tabla 6.52. El valor de b, se calcula mediante:

$b = 10 + 0,045 \text{ DN}$ , con un valor mínimo de 16 mm.

**Tabla 6.52 - Dimensiones de la brida de reducción PN 25**

| Diámetro mayor            |         |         |                      | Diámetro menor            |                      | a<br>mm | Peso<br>(aproximado)<br>kg |
|---------------------------|---------|---------|----------------------|---------------------------|----------------------|---------|----------------------------|
| Diámetro<br>nominal<br>DN | D<br>mm | b<br>mm | c <sub>1</sub><br>mm | Diámetro<br>nominal<br>dn | c <sub>2</sub><br>mm |         |                            |
| 200                       | 360     | 19      | 3                    | 80                        | 3                    | 40      | 15,0                       |
| 200                       | 360     | 19      | 3                    | 100                       | 3                    | 47      | 16,8                       |
| 200                       | 360     | 19      | 3                    | 125                       | 3                    | 53      | 18,8                       |
| 350                       | 555     | 26      | 4                    | 250                       | 3                    | 60      | 48,5                       |
| 400                       | 620     | 28      | 4                    | 250                       | 3                    | 60      | 61,0                       |
| 400                       | 620     | 28      | 4                    | 300                       | 4                    | 61      | 60,0                       |



**Figura 6.32 - Esquema de dimensiones brida de reducción PN 25 (sin escala)**

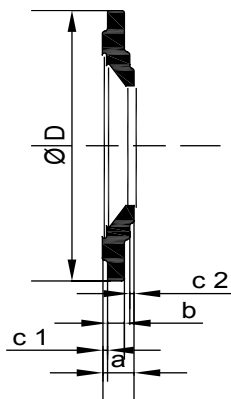
#### 6.4.4.23 Brida de reducción PN 40

Las dimensiones y características de la brida de reducción, se muestra en figura 6.33 y tabla 6.53. El valor de b, se calcula mediante:

$$b = 10 + 0,085 \text{ DN}$$

**Tabla 6.53 - Dimensiones de la brida de reducción PN 40**

| Diámetro mayor            |         |         |                      | Diámetro menor            |                      | a<br>mm | Peso<br>(aproximado)<br>kg |
|---------------------------|---------|---------|----------------------|---------------------------|----------------------|---------|----------------------------|
| Diámetro<br>nominal<br>DN | D<br>mm | b<br>mm | c <sub>1</sub><br>mm | Diámetro<br>nominal<br>dn | c <sub>2</sub><br>mm |         |                            |
| 200                       | 375     | 27      | 3                    | 80                        | 3                    | 40      | 20,5                       |
| 200                       | 375     | 27      | 3                    | 100                       | 3                    | 47      | 21,5                       |
| 200                       | 375     | 27      | 3                    | 125                       | 3                    | 53      | 22,5                       |



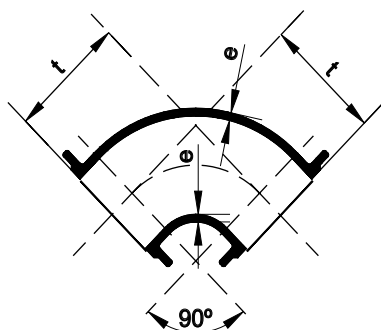
**Figura 6.33 - Esquema de dimensiones brida de reducción PN 40 (sin escala)**

#### 6.4.4.24 Codo de 1/4 de doble extremo brida

Las dimensiones y características del codo de 1/4 de doble extremo brida, se muestra en figura 6.34 y tabla 6.54. El valor de e y t, se calcula mediante:

$$e = 12 (0,5 + 0,001 \text{ DN}) \text{ con un valor mínimo de } 7 \text{ mm}$$

$$t = \begin{cases} 100 + \text{DN, de DN 40 a DN 65} \\ 100 + 0,8 \text{ DN (redondeado a } \pm 5) \text{ para DN 80 a DN 200} \\ 100 + \text{DN, de DN 250 a DN 1 000} \end{cases}$$



**Figura 6.34 - Esquema de dimensiones codo de 1/4 de doble extremo brida (sin escala)**

Tabla 6.54 - Dimensiones del codo de 1/4 de doble extremo brida

| Diámetro nominal<br>DN | e<br>mm | t<br>mm | Peso con brida |            |            |            |
|------------------------|---------|---------|----------------|------------|------------|------------|
|                        |         |         | PN 10<br>kg    | PN16<br>kg | PN25<br>kg | PN40<br>kg |
| 40                     | 7,0     | 140     | 5,2            | 5,2        | 5,2        | 5,2        |
| 50                     | 7,0     | 150     | 6,5            | 6,5        | 6,5        | 6,5        |
| (60)                   | 7,0     | 160     | 7,3            | 7,3        | 7,1        | 7,1        |
| 65                     | 7,0     | 165     | 8,2            | 8,2        | 8,0        | 8,0        |
| 80                     | 7,0     | 165     | 9,6            | 9,6        | 9,6        | 9,8        |
| 100                    | 7,2     | 180     | 11,9           | 11,9       | 12,6       | 13,0       |
| 125                    | 7,5     | 200     | 15,6           | 15,6       | 16,9       | 19,5       |
| 150                    | 7,8     | 220     | 20,0           | 20,0       | 22,0       | 26,5       |
| 200                    | 8,4     | 260     | 31,0           | 30,5       | 34,5       | 45,0       |
| 250                    | 9,0     | 350     | 50,0           | 49,5       | 57,0       | 77,0       |
| 300                    | 9,6     | 400     | 70,0           | 70,0       | 81,0       | 111        |
| 350                    | 10,2    | 450     | 90,0           | 96,0       | 113        | -          |
| 400                    | 10,8    | 500     | 116            | 127        | 149        | -          |
| 500                    | 12,0    | 600     | 181            | 211        | 235        | -          |
| 600                    | 13,2    | 700     | 272            | 325        | 353        | -          |
| 700                    | 14,4    | 800     | 386            | 416        | -          | -          |
| 800                    | 15,6    | 900     | 533            | 572        | -          | -          |
| 900                    | 16,8    | 1 000   | 698            | 745        | -          | -          |
| 1 000                  | 18,0    | 1 100   | 907            | 990        | -          | -          |

## 6.4.4.25 Codo de pie pato de 1/4 de doble extremo brida

Las dimensiones y características del codo de pie pato de 1/4 de doble extremo brida, se muestra en figura 6.35 y tabla 6.55. El valor de e, c, d y t, se calcula mediante:

$e = 12 (0,5 + 0,001 \text{ DN})$ , con un valor mínimo de 7mm.

$$t = \begin{cases} 100 + \text{DN}, & \text{para DN 40 a DN 65} \\ 100 + 0,8 \text{ DN (redondeado a } \pm 5) & \text{para DN 80 a DN 200} \\ 100 + \text{DN}, & \text{para DN 250 a DN 1 000} \end{cases}$$

$$c = 60 + 0,65 \text{ DN (redondeado a } \pm 5)$$

$$d = \begin{cases} t, & \text{para DN 40 a DN 65} \\ 100 + \text{DN}, & \text{para DN 80 a DN 600} \end{cases}$$

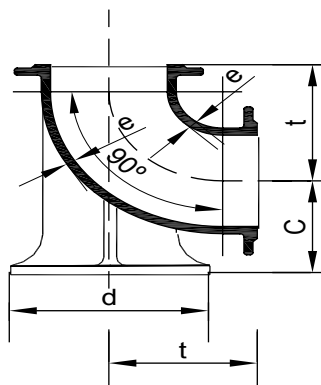


Figura 6.35 - Esquema de codo de pie pato de 1/4 de doble extremo brida (sin escala)

Tabla 6.55 - Dimensiones de codo de pie pato de 1/4 de doble extremo brida

| Diámetro nominal<br>DN | e<br>mm | t<br>mm | c<br>mm | d<br>mm | Peso con brida |            |            |            |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|----------------|------------|------------|------------|
|                        |         |         |         |         | PN 10<br>kg    | PN16<br>kg | PN25<br>kg | PN40<br>kg |
| 50                     | 7,0     | 150     | 95      | 150     | 9,1            | 9,1        | 9,1        | 9,1        |
| (60)                   | 7,0     | 160     | 100     | 160     | 10,3           | 10,3       | 10,1       | 10,1       |
| 65                     | 7,0     | 165     | 100     | 165     | 11,5           | 11,5       | 11,3       | 11,3       |
| 80                     | 7,0     | 165     | 110     | 180     | 14,1           | 14,1       | 14,1       | 14,2       |
| 100                    | 7,2     | 180     | 125     | 200     | 17,3           | 17,8       | 18,8       | 18,8       |
| 125                    | 7,5     | 200     | 140     | 225     | 23,5           | 23,5       | 24,5       | 27,5       |
| 150                    | 7,8     | 220     | 160     | 250     | 30,0           | 30,0       | 32,0       | 36,5       |
| 200                    | 8,4     | 250     | 190     | 300     | 46,5           | 46,0       | 50,5       | 61,0       |
| 250                    | 9,0     | 350     | 225     | 350     | 75,0           | 75,0       | 82,0       | 102        |
| 300                    | 9,6     | 400     | 255     | 400     | 106            | 105        | 116        | 146        |
| 350                    | 10,2    | 450     | 290     | 450     | 139            | 145        | 162        | .          |
| 400                    | 10,8    | 500     | 320     | 500     | 178            | 189        | 212        | -          |
| 500                    | 12,0    | 600     | 385     | 600     | 283            | 313        | 337        | -          |
| 600                    | 13,2    | 700     | 450     | 700     | 428            | 481        | 509        | -          |

## 6.4.4.26 Codo de 1/8 de doble extremo brida

Las dimensiones y características del codo de 1/8 de doble extremo brida, se muestra en figura 6.36, tabla 6.56 y tabla 6.57. El valor de e y t, se calcula mediante:

$e = 12 (0,5 + 0,001 \text{ DN})$  con un valor mínimo de 7 mm

$$t = \begin{cases} 100 + \text{DN}, & \text{para DN 40 a DN 65} \\ 100 + 0,4 \text{ DN (redondeado a } \pm 5), & \text{para DN 80 a DN 200} \\ 100 + \text{DN}, & \text{para DN 250 y DN 300} \\ 117,8 + 0,514 \text{ DN}, & \text{para DN 350 a DN 1 000} \\ 100 + 0,54 \text{ DN}, & \text{para DN 1 200} \\ 300 + 0,34 \text{ DN}, & \text{para DN 1 400 a DN 2 000} \\ 200 + 0,31 \text{ DN}, & \text{para DN 2 200 a DN 2 600} \end{cases}$$

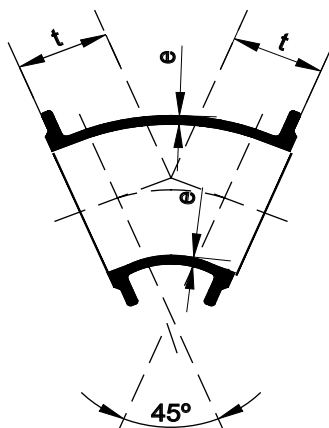


Figura 6.36 - Esquema de dimensiones codo de 1/8 de doble extremo brida (sin escala)

Tabla 6.56 - Dimensiones de codo de 1/8 de doble extremo brida

| Diámetro nominal<br>DN | e<br>mm | t<br>mm | Peso con brida |            |            |            |
|------------------------|---------|---------|----------------|------------|------------|------------|
|                        |         |         | PN 10<br>kg    | PN16<br>kg | PN25<br>kg | PN40<br>kg |
| 40                     | 7,0     | 140     | 4,5            | 4,5        | 4,5        | 4,5        |
| 50                     | 7,0     | 150     | 5,6            | 5,6        | 5,6        | 5,6        |
| (60)                   | 7,0     | 160     | 6,1            | 6,1        | 5,9        | 5,9        |
| 65                     | 7,0     | 165     | 6,9            | 6,9        | 6,7        | 6,7        |
| 80                     | 7,0     | 130     | 9,3            | 9,3        | 9,3        | 9,3        |
| 100                    | 7,2     | 140     | 11,3           | 11,3       | 12,4       | 12,4       |
| 125                    | 7,5     | 150     | 14,6           | 14,6       | 15,9       | 18,5       |
| 150                    | 7,8     | 160     | 18,5           | 18,5       | 20,5       | 24,5       |
| 200                    | 8,4     | 180     | 27,5           | 27,0       | 31,0       | 41,5       |
| 250                    | 9,0     | 350     | 55,0           | 54,0       | 62,0       | 82,0       |
| 300                    | 9,6     | 400     | 78,0           | 77,0       | 88,0       | 118        |
| 350                    | 10,2    | 298     | 76,0           | 83,0       | 89,0       | -          |
| 400                    | 10,8    | 324     | 96,0           | 107        | 129        | .          |
| 500                    | 12,0    | 375     | 145            | 175        | 198        | -          |
| 600                    | 13,2    | 426     | 212            | 266        | 294        | -          |
| 700                    | 14,4    | 478     | 296            | 326        | -          | -          |
| 800                    | 15,6    | 529     | 403            | 442        | -          | -          |
| 900                    | 16,8    | 581     | 519            | 567        | -          | -          |
| 1 000                  | 18,0    | 632     | 668            | 751        | -          | -          |
| 1 200                  | 20,4    | 750     | 1 050          | 1 178      | -          | -          |
| 1 400                  | 22,8    | 775     | 1 388          | 1 524      | -          | .          |
| 1 600                  | 25,2    | 845     | 1 915          | 2 119      | -          | -          |
| 1 800                  | 27,6    | 910     | 2 465          | 2 717      | -          | -          |
| 2 000                  | 30,0    | 980     | 3 149          | 3 455      | .          | -          |
| 2 200                  | 32,4    | 980     | 3 446          | 3 804      | .          | -          |
| 2 400                  | 34,8    | 945     | 4 277          | 4 719      | .          | -          |
| 2 600                  | 37,2    | 1 005   | 5 177          | 5 695      | -          | -          |

**NOTAS**

1. Para DN 250 a DN 600

Para el uso de nuevos elementos de fierro fundido comunes para los codos de doble extremo campana y codos de doble extremo brida, las dimensiones de los nuevos elementos deben guardar conformidad con las establecidas en tabla 6.57.

2. Para los DN 1 200 a DN 1 600, son admisibles otras longitudes acordes a las fabricaciones nacionales.

Para:

$$e = 12 (0,5 + 0,001 \text{ DN}), y$$

$$t = 85 + 0,63 \text{ DN}$$

**Tabla 6.57 - Dimensiones de codo de 1/8 de doble extremo brida - DN 250 a DN 600**

| Diámetro nominal<br>DN | e<br>mm | t<br>mm | Peso con brida |            |            |            |
|------------------------|---------|---------|----------------|------------|------------|------------|
|                        |         |         | PN 10<br>kg    | PN16<br>kg | PN25<br>kg | PN40<br>kg |
| 250                    | 9,0     | 243     | 44             | 44         | 51         | 71         |
| 300                    | 9,6     | 274     | 62             | 61         | 72         | 102        |
| 350                    | 10,2    | 306     | 78             | 84         | 101        | .          |
| 400                    | 10,8    | 337     | 98             | 109        | 132        | -          |
| 500                    | 12,0    | 400     | 151            | 182        | 205        | -          |
| 600                    | 13,0    | 463     | 225            | 278        | 307        | -          |

#### 6.4.4.27 Te de tres bridas, para DN 40 a DN 200

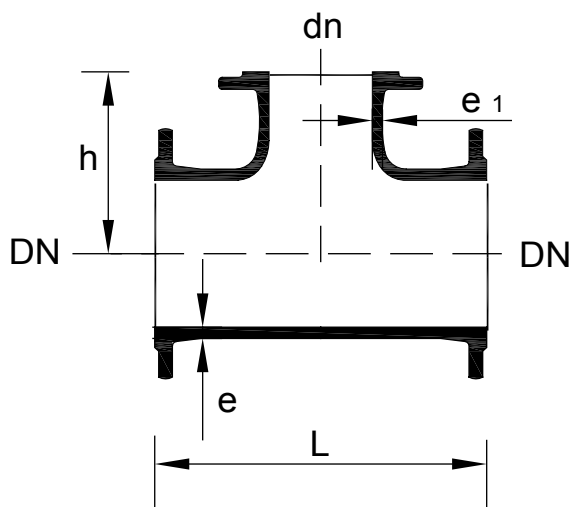
Las dimensiones y características de la Te de tres bridas, se muestra en figura 6.37 y tabla 6.58. El valor de e, e<sub>1</sub>, h y L, se calcula mediante:

$$e = 14 (0,5 + 0,001 \text{ DN})$$

$$L = \begin{cases} 200 + 2 \text{ DN}, & \text{para DN 40 a DN 65} \\ 200 + 1,6 \text{ DN (redondeado a } \pm 5), & \text{para DN 80 a DN 200} \end{cases}$$

$$e_1 = 14 (0,5 + 0,001 \text{ dn})$$

$$h = \begin{cases} 100 + \text{DN de DN} = \text{dn} & \text{para DN 40 a DN 65} \\ 100 + 0,5 \text{ DN} + 0,5 \text{ dn}, & \text{para dn} < \text{DN} \\ 100 + 0,6 \text{ DN} + 0,2 \text{ dn (redondeado } \pm 5), & \text{para DN 80 a DN 200} \end{cases}$$



**Figura 6.37 - Esquema de dimensiones Te de tres bridas DN 40 a DN 200 (sin escala)**

Tabla 6.58 - Dimensiones de Te de tres bridas DN 40 a DN 200

| Cuerpo                 |         |         | Brida                  |                      |         | Peso (aproximado) con brida |            |             |            |
|------------------------|---------|---------|------------------------|----------------------|---------|-----------------------------|------------|-------------|------------|
| Diámetro nominal<br>DN | e<br>mm | L<br>mm | Diámetro nominal<br>dn | e <sub>1</sub><br>mm | h<br>mm | PN10<br>kg                  | PN16<br>kg | PN 25<br>kg | PN40<br>kg |
| 40                     | 7,6     | 280     | 40                     | 7,6                  | 140     | 8,2                         | 8,2        | 8,2         | 8,2        |
| 50                     | 7,7     | 300     | 50                     | 7,7                  | 150     | 10,4                        | 10,4       | 10,4        | 10,4       |
| (60)                   | 7,8     | 320     | (60)                   | 7,8                  | 160     | 11,8                        | 11,8       | 11,5        | 11,5       |
| 65                     | 7,9     | 330     | 65                     | 7,9                  | 165     | 13,3                        | 13,3       | 13,0        | 13,0       |
| 80                     | 8,1     | 330     | 80                     | 8,1                  | 165     | 15,6                        | 15,6       | 15,6        | 15,6       |
| 100                    | 8,4     | 360     | 80                     | 8,1                  | 175     | 18,4                        | 18,4       | 19,5        | 19,5       |
| 100                    | 8,4     | 360     | 100                    | 8,4                  | 180     | 19,4                        | 19,4       | 21,0        | 21,0       |
| 125                    | 8,8     | 400     | 80                     | 8,1                  | 190     | 23,0                        | 23,0       | 24,5        | 27,0       |
| 125                    | 8,8     | 400     | 100                    | 8,4                  | 195     | 24,0                        | 24,0       | 26,0        | 28,5       |
| 125                    | 8,8     | 400     | 125                    | 8,8                  | 200     | 25,5                        | 25,5       | 27,5        | 31,5       |
| 150                    | 9,1     | 440     | 80                     | 8,1                  | 205     | 28,5                        | 28,5       | 31,0        | 36,0       |
| 150                    | 9,1     | 440     | 100                    | 8,4                  | 210     | 29,5                        | 29,5       | 32,0        | 36,5       |
| 150                    | 9,1     | 440     | 150                    | 9,1                  | 220     | 32,5                        | 32,5       | 36,0        | 42,0       |
| 200                    | 9,8     | 520     | 80                     | 8,1                  | 235     | 42,0                        | 41,5       | 46,0        | 57,0       |
| 200                    | 9,8     | 520     | 100                    | 8,4                  | 240     | 43,0                        | 42,0       | 47,5        | 58,0       |
| 200                    | 9,8     | 520     | 150                    | 9,1                  | 250     | 46,0                        | 45,5       | 51,0        | 64,0       |
| 200                    | 9,8     | 520     | 200                    | 9,8                  | 260     | 49,5                        | 49,0       | 56,0        | 71,0       |

#### 6.4.4.28 Te de tres bridas, para DN 250 a DN 600<sup>(5)</sup>

Las dimensiones y características de la Te de tres bridas, se muestra en figura 6.38 y tabla 6.59. El valor de e, e<sub>1</sub>, h y L, se calcula mediante:

$$e = 14 (0,5 + 0,001 \text{ DN})$$

$$e_1 = 14 (0,5 + 0,001 \text{ dn})$$

$$L = \begin{cases} 200 + 2 \text{ DN, para DN 250 y DN 300} \\ 500 + \text{DN, para DN 350 a DN 600} \end{cases}$$

$$h = \begin{cases} \begin{cases} 100 + \text{DN de DN} = \text{dn} \\ 100 + 0,5 \text{ DN} + 0,5 \text{ dn, para dn} < \text{DN} \end{cases} & \text{para DN 250 y DN 300} \\ \begin{cases} 150 + 0,5 \text{ DN, para dn} < 250 \\ 250 + 0,5 \text{ DN, para dn} > 300 \end{cases} & \text{para DN 350 a DN 600} \end{cases}$$

<sup>5</sup> En caso de creación de nuevos materiales transformables comunes para Te de enchufe y Te de bridas, sus dimensiones deben guardar conformidad con las especificaciones en 6.4.4.32.



Tabla 6.59 - Dimensiones de Te de tres bridas DN 250 a DN 600

| Cuerpo                 |         |         | Brida                  |                      |         | Peso (aproximado) con brida |            |             |            |
|------------------------|---------|---------|------------------------|----------------------|---------|-----------------------------|------------|-------------|------------|
| Diámetro nominal<br>DN | e<br>mm | L<br>mm | Diámetro nominal<br>dn | e <sub>1</sub><br>mm | h<br>mm | PN10<br>kg                  | PN16<br>kg | PN 25<br>kg | PN40<br>kg |
| 250                    | 10,5    | 700     | 100                    | 8,4                  | 275     | 68                          | 67         | 75          | 96         |
| 250                    | 10,5    | 700     | 200                    | 9,8                  | 325     | 76                          | 75         | 85          | 110        |
| 250                    | 10,5    | 700     | 250                    | 10,5                 | 350     | 82                          | 81         | 93          | 123        |
| 300                    | 11,2    | 800     | 100                    | 8,4                  | 300     | 94                          | 93         | 105         | 136        |
| 300                    | 11,2    | 800     | 200                    | 9,8                  | 350     | 102                         | 101        | 114         | 150        |
| 300                    | 11,2    | 800     | 300                    | 11,2                 | 400     | 116                         | 115        | 131         | 178        |
| 350                    | 11,9    | 850     | 100                    | 8,4                  | 325     | 116                         | 122        | 139         | -          |
| 350                    | 11,9    | 850     | 200                    | 9,8                  | 325     | 121                         | 128        | 146         | -          |
| 350                    | 11,9    | 850     | 350                    | 11,9                 | 425     | 142                         | 151        | 176         | -          |
| 400                    | 12,6    | 900     | 100                    | 8,4                  | 350     | 143                         | 154        | 177         | -          |
| 400                    | 12,6    | 900     | 200                    | 9,8                  | 350     | 148                         | 159        | 184         | -          |
| 400                    | 12,6    | 900     | 400                    | 12,6                 | 450     | 174                         | 191        | 225         | -          |
| 500                    | 14,0    | 1 000   | 100                    | 8,4                  | 400     | 210                         | 241        | 265         | -          |
| 500                    | 14,0    | 1 000   | 200                    | 9,8                  | 400     | 215                         | 245        | 271         | -          |
| 500                    | 14,0    | 1 000   | 400                    | 12,6                 | 500     | 242                         | 276        | 311         | -          |
| 500                    | 14,0    | 1 000   | 500                    | 14,0                 | 500     | 252                         | 297        | 332         | -          |
| 600                    | 15,4    | 1 100   | 200                    | 9,8                  | 450     | 305                         | 358        | 388         | -          |
| 600                    | 15,4    | 1 100   | 400                    | 12,6                 | 550     | 329                         | 387        | 427         | -          |
| 600                    | 15,4    | 1 100   | 600                    | 15,4                 | 550     | 355                         | 434        | 477         | -          |

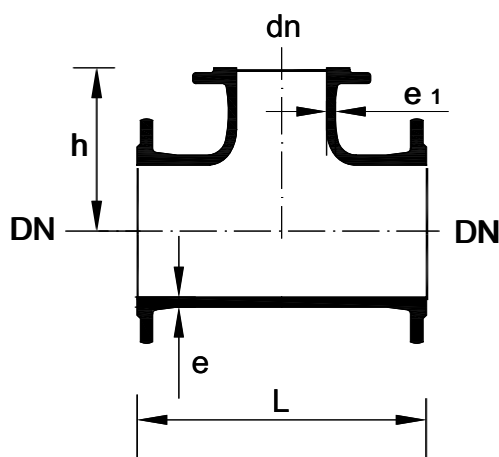


Figura 6.38 - Esquema de dimensiones Te de tres bridas DN 250 a DN 600 (sin escala)

## 6.4.4.29 Te de tres bridas, para DN 700 a DN 1 000

Las dimensiones y características de la Te de tres bridas, se muestra en figura 6.39 y tabla 6.60. El valor de e, e<sub>1</sub>, h y L, se calcula mediante:

$$e = 14 (0,5 + 0,001 \text{ DN})$$

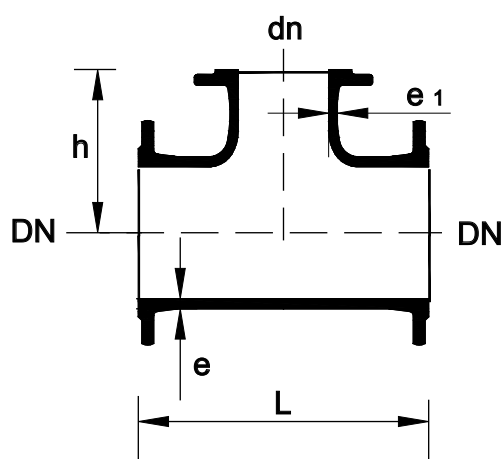
$$e_1 = 14 (0,5 + 0,001 \text{ Dn})$$

$$L = \begin{cases} 150 + 0,4 \text{ DN} + 1,1 \text{ dn}, & \text{para } \text{dn} < 600 \\ 150 + 1,5 \text{ DN}, & \text{para } \text{dn} \geq 600 \end{cases}$$

$$h = 75 + 0,6 \text{ DN} + 0,15 \text{ dn}$$

**Tabla 6.60 - Dimensiones de Te de tres bridas DN 700 a DN 1 000**

| Cuerpo                    |         |         | Brida                     |                      |         | Peso<br>(aproximado)<br>con brida |            |
|---------------------------|---------|---------|---------------------------|----------------------|---------|-----------------------------------|------------|
| Diámetro<br>nominal<br>DN | e<br>mm | L<br>mm | Diámetro<br>nominal<br>dn | e <sub>1</sub><br>mm | h<br>mm | PN10<br>kg                        | PN16<br>kg |
| 700                       | 16,8    | 650     | 200                       | 9,8                  | 525     | 258                               | 298        |
| 700                       | 16,8    | 870     | 400                       | 12,6                 | 555     | 343                               | 379        |
| 700                       | 16,8    | 1 200   | 700                       | 16,8                 | 600     | 477                               | 523        |
| 800                       | 18,2    | 690     | 200                       | 9,8                  | 585     | 352                               | 390        |
| 800                       | 18,2    | 910     | 400                       | 12,6                 | 615     | 441                               | 484        |
| 800                       | 18,2    | 1 350   | 600                       | 15,4                 | 645     | 613                               | 678        |
| 800                       | 18,2    | 1 350   | 800                       | 18,2                 | 675     | 657                               | 715        |
| 900                       | 19,6    | 730     | 200                       | 9,8                  | 645     | 436                               | 484        |
| 900                       | 19,6    | 950     | 400                       | 12,6                 | 675     | 541                               | 594        |
| 900                       | 19,6    | 1 500   | 600                       | 15,4                 | 705     | 787                               | 860        |
| 900                       | 19,6    | 1 500   | 900                       | 19,6                 | 750     | 853                               | 924        |
| 1 000                     | 21,0    | 770     | 200                       | 9,8                  | 705     | 546                               | 629        |
| 1 000                     | 21,0    | 990     | 400                       | 12,5                 | 735     | 668                               | 755        |
| 1 000                     | 21,0    | 1 650   | 600                       | 15,4                 | 765     | 1 007                             | 1 116      |
| 1 000                     | 21,0    | 1 650   | 1 000                     | 21,0                 | 825     | 1 105                             | 1 229      |



**Figura 6.39 - Esquema de dimensiones Te de tres bridas DN 700 a DN 1 000 (sin escala)**

#### 6.4.4.30 Te de tres bridas, para DN 1 200 a DN 2 000

Las dimensiones y características de la Te de tres bridas, se muestra en figura 6.40 y tabla 6.61. El valor de  $e$ ,  $e_1$ ,  $h$  y  $L$ , se calcula mediante:

$$e = 14 (0,5 + 0,001 \text{ DN})$$

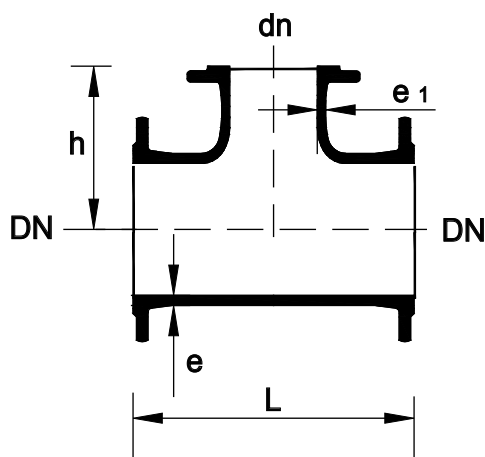
$$e_1 = 14 (0,5 + 0,001 \text{ dn})$$

$$L = \begin{cases} 230 + 0,26 \text{ DN} + 1,16 \text{ dn}, & \text{para DN 1 200} \\ 490 + 0,26 \text{ DN} + 1,16 \text{ dn}, & \text{para DN 1 400 a DN 2 000} \end{cases}$$

$$h = \begin{cases} 75 + 0,6 \text{ DN} + 0,15 \text{ dn}, & \text{para DN 1 200} \\ 120 + 0,55 \text{ DN} + 0,15 \text{ dn}, & \text{para DN 1 400 a DN 2 000} \end{cases}$$

**Tabla 6.61 - Dimensiones de Te de tres bridas DN 1 200 a DN 2 000**

| Cuerpo                    |         |         | Brida                     |             |         | Peso (aproximado)<br>con brida |            |
|---------------------------|---------|---------|---------------------------|-------------|---------|--------------------------------|------------|
| Diámetro<br>nominal<br>DN | e<br>mm | L<br>mm | Diámetro<br>nominal<br>dn | $e_1$<br>mm | h<br>mm | PN10<br>kg                     | PN16<br>kg |
| 1 200                     | 23,8    | 1 240   | 600                       | 15,4        | 885     | 1 101                          | 1 256      |
| 1 200                     | 23,8    | 1 470   | 800                       | 18,2        | 915     | 1 291                          | 1 439      |
| 1 200                     | 23,8    | 1 700   | 1 000                     | 21,0        | 945     | 1 494                          | 1 664      |
| 1 400                     | 26,6    | 1 550   | 600                       | 15,4        | 980     | 1 550                          | 1 818      |
| 1 400                     | 26,6    | 1 760   | 800                       | 18,2        | 1 010   | 1 886                          | 2 041      |
| 1 400                     | 26,6    | 2 015   | 1 000                     | 21,0        | 1 040   | 2 131                          | 2 309      |
| 1 600                     | 29,4    | 1 600   | 600                       | 15,4        | 1 090   | 2 167                          | 2 398      |
| 1 600                     | 29,4    | 1 835   | 800                       | 18,2        | 1 120   | 2 452                          | 2 675      |
| 1 600                     | 29,4    | 2 065   | 1 000                     | 21,0        | 1 150   | 2 740                          | 2 986      |
| 1 600                     | 29,4    | 2 300   | 1 200                     | 23,8        | 1 180   | 3 058                          | 3 327      |
| 1 800                     | 32,2    | 1 655   | 600                       | 15,4        | 1 200   | 2 694                          | 2 972      |
| 1 800                     | 32,2    | 1 885   | 800                       | 18,2        | 1 230   | 3 023                          | 3 299      |
| 1 800                     | 32,2    | 2 120   | 1 000                     | 21,0        | 1 260   | 3 375                          | 3 669      |
| 1 800                     | 32,2    | 2 350   | 1 200                     | 23,8        | 1 290   | 3 740                          | 4 056      |
| 2 000                     | 35,0    | 1 705   | 600                       | 15,4        | 1 310   | 3 309                          | 3 642      |
| 2 000                     | 35,0    | 2 170   | 1 000                     | 21,0        | 1 370   | 4 112                          | 4 459      |
| 2 000                     | 35,0    | 2 635   | 1 400                     | 28,6        | 1 430   | 4 966                          | 5 340      |



**Figura 6.40 - Esquema de dimensiones Te de tres bridas  
DN 1 200 a DN 2 000 (sin escala)**

#### 6.4.4.31 Te de tres bridas, para DN 2 200 a DN 2 600

Las dimensiones y características de la Te de tres bridas, se muestra en figura 6.41 y tabla 6.62. El valor de  $e$ ,  $e_1$ ,  $h$  y  $L$ , se calcula mediante:

$$e = 14 (0,5 + 0,001 \text{ DN})$$

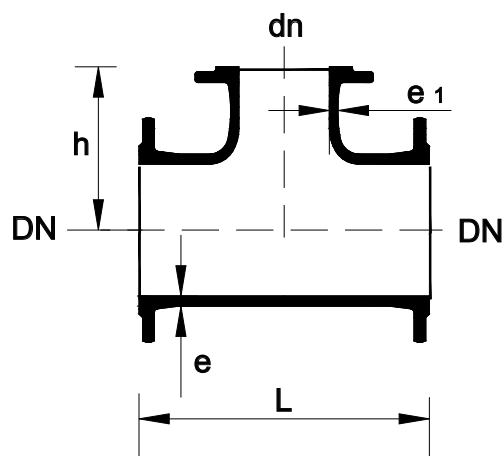
$$e_1 = 14 (0,5 + 0,001 \text{ dn})$$

$$L = 240 + 0,3 \text{ DN} + 1,1 \text{ dn}$$

$$h = 120 + 0,55 \text{ DN} + 0,15 \text{ dn}$$

**Tabla 6.62 - Dimensiones de Te de tres bridas DN 2 200 a DN 2 600**

| Cuerpo                    |         |         | Brida                     |                      |         | Peso (aproximado)<br>con brida |            |
|---------------------------|---------|---------|---------------------------|----------------------|---------|--------------------------------|------------|
| Diámetro<br>nominal<br>DN | e<br>mm | L<br>mm | Diámetro<br>nominal<br>dn | e <sub>1</sub><br>mm | h<br>mm | PN10<br>kg                     | PN16<br>kg |
| 2 200                     | 37,8    | 1 560   | 600                       | 15,4                 | 1 420   | 3 675                          | 4 034      |
| 2 200                     | 37,8    | 2 220   | 1 200                     | 23,8                 | 1 510   | 5 026                          | 5 413      |
| 2 200                     | 37,8    | 2 880   | 1 800                     | 32,2                 | 1 600   | 6 474                          | 6 394      |
| 2 400                     | 40,6    | 1 620   | 600                       | 15,4                 | 1 530   | 4 418                          | 4 849      |
| 2 400                     | 40,6    | 2 280   | 1 200                     | 23,8                 | 1 620   | 5 963                          | 6 432      |
| 2 400                     | 40,6    | 2 940   | 1 800                     | 32,2                 | 1 710   | 7 614                          | 8 145      |
| 2 600                     | 43,4    | 1 680   | 600                       | 15,4                 | 1 640   | 5 214                          | 5 711      |
| 2 600                     | 43,4    | 2 560   | 1 400                     | 26,6                 | 1 760   | 7 585                          | 8 123      |
| 2 600                     | 43,4    | 3 220   | 2 000                     | 35,0                 | 1 850   | 9 505                          | 10 128     |



**Figura 6.41 - Esquema de dimensiones Te de tres bridas  
DN 2 200 a DN 2 600 (sin escala)**

#### **6.4.4.32 Te de tres bridas para nuevos materiales transformables, DN 250 a DN 600**

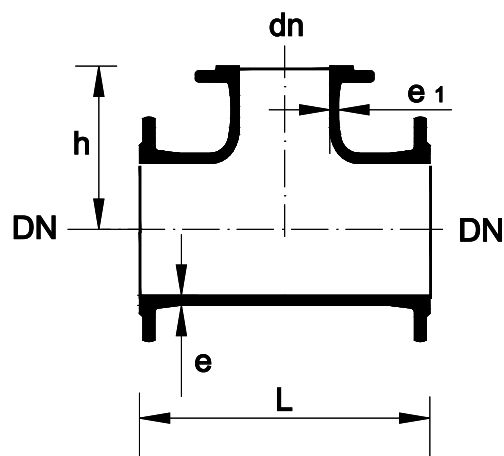
Las dimensiones y características de la Te de tres bridas, se muestra en figura 6.42 y tabla 6.63. El valor de  $e$ ,  $e_1$ ,  $h$  y  $L$ , se calcula mediante:

$$e = 14 (0,5 + 0,001 \text{ DN})$$

$$e_1 = 14 (0,5 + 0,001 \text{ dn})$$

$$L = 200 + 0,44 \text{ DN} + 1,16 \text{ dn (redondeando a } \pm 5 \text{)}$$

$$h = 100 + 0,6 \text{ DN} + 0,2 \text{ dn}$$



**Figura 6.42 - Esquema de dimensiones Te de tres bridas DN 250 a DN 600  
(sin escala)**

Tabla 6.63 - Dimensiones de Te de tres bridas DN 250 a DN 600

| Cuerpo                 |         |         | Brida                  |                      |         | Peso (aproximado) con brida |            |             |            |
|------------------------|---------|---------|------------------------|----------------------|---------|-----------------------------|------------|-------------|------------|
| Diámetro nominal<br>DN | e<br>mm | L<br>mm | Diámetro nominal<br>dn | e <sub>1</sub><br>mm | h<br>mm | PN10<br>kg                  | PN16<br>kg | PN 25<br>kg | PN40<br>kg |
| 250                    | 10,5    | 425     | 100                    | 8,4                  | 270     | 51                          | 51         | 59          | 79         |
| 250                    | 10,5    | 540     | 200                    | 9,8                  | 290     | 64                          | 64         | 73          | 99         |
| 250                    | 10,5    | 600     | 250                    | 10,5                 | 300     | 73                          | 72         | 84          | 114        |
| 300                    | 11,2    | 450     | 100                    | 8,4                  | 300     | 66                          | 66         | 77          | 108        |
| 300                    | 11,2    | 585     | 200                    | 9,8                  | 320     | 82                          | 81         | 94          | 130        |
| 300                    | 11,2    | 680     | 300                    | 11,2                 | 340     | 102                         | 101        | 117         | 164        |
| 350                    | 11,9    | 470     | 100                    | 8,4                  | 330     | 80                          | 86         | 103         | -          |
| 350                    | 11,9    | 585     | 200                    | 9,8                  | 350     | 98                          | 104        | 122         | -          |
| 350                    | 11,9    | 750     | 350                    | 11,9                 | 380     | 129                         | 138        | 163         | -          |
| 400                    | 12,5    | 490     | 100                    | 8,4                  | 360     | 96                          | 107        | 130         | -          |
| 400                    | 12,5    | 610     | 200                    | 9,8                  | 380     | 116                         | 127        | 152         | .          |
| 400                    | 12,5    | 840     | 400                    | 12,6                 | 420     | 163                         | 180        | 214         | -          |
| 500                    | 14,0    | 535     | 100                    | 8,4                  | 420     | 137                         | 167        | 191         |            |
| 500                    | 14,0    | 650     | 200                    | 9,3                  | 440     | 161                         | 192        | 217         | .          |
| 500                    | 14,0    | 885     | 400                    | 12,5                 | 480     | 218                         | 254        | 289         | .          |
| 500                    | 14,0    | 1 000   | 500                    | 14,0                 | 500     | 252                         | 297        | 32          | -          |
| 600                    | 15,4    | 700     | 200                    | 9,3                  | 500     | 223                         | 276        | 307         |            |
| 600                    | 15,4    | 930     | 400                    | 12,6                 | 540     | 292                         | 360        | 390         | -          |
| 600                    | 15,4    | 1 165   | 600                    | 15,4                 | 580     | 374                         | 454        | 486         | -          |

## 6.5 Simbología

| Tubería o accesorio                            | Simbología |
|------------------------------------------------|------------|
| Tubería con extremos espiga y campana          |            |
| Tubería con bridas                             |            |
| Accesorio brida - campana                      |            |
| Accesorio brida - espigatorio                  |            |
| Collar recto                                   |            |
| Codo de 1/4 de doble extremo campana           |            |
| Codo de 1/8 de doble extremo campana           |            |
| Codo de 1/16 de doble extremo campana          |            |
| Codo de 1/32 de doble extremo campana          |            |
| Te de doble extremo campana con ramal en brida |            |
| Te con todos los extremos campanas             |            |
| Cono de doble extremo campana                  |            |
| Cono de doble extremo brida                    |            |
| Brida ciega                                    |            |
| Brida de reducción                             |            |
| Codo de 1/4 de doble extremo brida             |            |
| Codo de pie pato de 1/4 de doble extremo brida |            |
| Codo de 1/8 de doble extremo brida             |            |
| Te de tres bridas                              |            |

## **7 MÉTODOS DE ENSAYO**

### **7.1 Actividades preliminares y tipos de ensayo**

#### **7.1.1 Actividades preliminares**

Los ensayos de las tuberías y accesorios se realizarán en los laboratorios del fabricante.

Tanto el equipo (aparatos de ensayo) como las tareas (planillas y personal) necesarias para la realización de los ensayos deben ser responsabilidad del fabricante.

#### **7.1.2 Tipos de ensayos**

De acuerdo a lo especificado en la presente norma, se establecen tres (3) tipos de ensayos, a saber:

- Ensayo de tracción, véase 7.2.
- Ensayo de dureza Brinell, véase 7.3.
- Ensayo de presión máxima de trabajo y de presión interna, véase 7.4.

### **7.2 Ensayo de tracción**

#### **7.2.1 Resumen del método**

El ensayo de tracción, se realiza sobre una probeta que es parte de la muestra, a la cual se verifica si cumple los valores de resistencia mínima a la tracción, con los límites mínimos de elasticidad al 0,2% y alargamiento mínimo a la rotura, especificados.

#### **7.2.2 Muestreo**

Las tuberías de las cuales se toman las probetas de ensayo, deben ser parte del suministro.

Los ensayos mecánicos de aceptación se deben llevar a cabo en las piezas fundidas reunidas por lotes de acuerdo con lo siguiente:

##### **7.2.2.1 Tuberías fabricadas por fundición centrífuga**

Cada lote debe estar constituido por tuberías fundidas fabricadas sucesivamente como se establece a continuación.

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| DN 40 a DN 300      | : 200 tuberías |
| DN 350 a DN 600     | : 100 tuberías |
| DN 700 a DN 1 000   | : 50 tuberías  |
| DN 1 200 a DN 2 600 | : 25 tuberías  |

##### **7.2.2.2 Tuberías y accesorios fabricados por fundición no centrífuga**

Se considera como lote a las piezas de composición virtualmente idéntica, que hubieran sido tratadas térmicamente, si es el caso, procediendo de la misma manera que el anterior caso.

El volumen de cada lote se limita a 4 t de piezas brutas fundidas, excluyendo las reservas de material fundido destinado a compensar la contracción interna de la fundición a medida que solidifica.



Una pieza fundida es considerada como un lote cuando su peso es igual o excede a 4 t.

### 7.2.3 Preparación de la probeta

Las probetas de ensayo se determinan según la forma de fabricación establecida en 4.1.

En todos los casos, los extremos de las probetas de ensayo deben ser de tales características que se acoplen adecuadamente con la máquina de ensayo.

#### 7.2.3.1 Probeta para tuberías de fundición centrífuga

La probeta mecanizada para el ensayo debe tomarse del extremo espiga (liso) de la tubería, aproximadamente en la zona media de la pared.

Se deja a criterio del fabricante, el tomar la probeta en forma perpendicular o paralela al eje de la tubería. En caso de desacuerdo, la probeta debe tomarse paralela al eje de la tubería.

La probeta de ensayo debe incluir un sector cilíndrico cuya longitud entre marcas debe ser por lo menos cinco veces su diámetro; el diámetro de la probeta de ensayo se debe determinar a partir de tabla 7.1., en función del espesor (e) de la tubería.

**Tabla 7.1 - Diámetro de la probeta de ensayo para pieza centrifugadas**

| Dimensiones en mm         |   |   |   |    |                                  |
|---------------------------|---|---|---|----|----------------------------------|
| Espesor (e) de la tubería |   |   |   |    | Diámetro de la probeta de ensayo |
|                           |   | e | < | 6  | 2,5                              |
| 6                         | ≤ | e | < | 8  | 3,5                              |
| 8                         | ≤ | e | < | 12 | 5,0                              |
| 12                        | ≤ | e |   |    | 6,0                              |

#### 7.2.3.2 Probeta para tuberías y accesorios no centrifugados

La probeta mecanizada destinada al ensayo de tracción puede, a elección del fabricante, escogerse a partir de una muestra de la propia pieza fundida o de una muestra fundida en forma separada.

En este último caso, debe ser fundida a partir del mismo material de hierro que el empleado en el proceso original.

Si la fundición se somete a un proceso de tratamiento térmico, la muestra debe someterse al mismo tratamiento.

La elección del método a seguir para la fundición de la muestra se debe dejar a elección del fabricante con el propósito de obtener probetas de ensayo apropiadas.

El espesor de la muestra y el diámetro de la probeta de ensayo figura en tabla 7.2 en función del espesor promedio de la pieza fundida.

**Tabla 7.2 - Diámetro de la probeta de ensayo para piezas no centrifugadas**

Dimensiones en mm

| <b>Espesor promedio de la pieza</b> | <b>Espesor máx. de la muestra</b> | <b>Diámetro de la probeta de ensayo</b> |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
| < 12                                | 12,5                              | 6                                       |
| ≥ 12                                | 25,0                              | 12                                      |

La longitud entre marcas de la probeta de ensayo, debe ser de por lo menos cinco (5) veces su diámetro.

#### 7.2.4 Procedimiento

Los ensayos mecánicos que debe realizar el fabricante, se deben llevar a cabo durante el proceso de la fabricación.

El fabricante debe tomar una probeta de ensayo, la cual deberá satisfacer los requisitos de tabla 7.3 de una tubería de cada lote (véase 7.2.2.1) o de una muestra del lote (véase 7.2.2.2).

Todas las precauciones que se toman para dividir tuberías y accesorios en lotes, junto con la determinación de tener diámetros de las probetas de ensayo de acuerdo con el espesor y el tipo de fundición, contribuyen a la exactitud del ensayo.

#### 7.2.5 Interpretación de resultados

Cuando la probeta de ensayo, satisface los requisitos mínimos a la tracción, se toma en cuenta el lote de tuberías en prueba.

**Tabla 7.3 - Resistencia y valores que debe cumplir las tuberías por tipo de fundición**

| <b>Tipo de pieza</b>                               | <b>Resistencia mínima a la tracción<br/><math>R_m</math><br/>(N/mm<sup>2</sup>)</b> | <b>Límite mínimo de elasticidad a 0,2%<br/><math>R_{p0,2}</math><br/>(N/mm<sup>2</sup>) *</b> | <b>Alargamiento mínimo a la rotura (%)</b> |                                |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|
|                                                    | <b>DN 40 a<br/>DN 2 600</b>                                                         | <b>DN 40 a<br/>DN 2 600</b>                                                                   | <b>DN 400 a<br/>DN 1 000</b>               | <b>DN 1 200 a<br/>DN 2 600</b> |
| Tubería de fundición centrifugada                  | 420                                                                                 | 300 **                                                                                        | 10                                         | 7                              |
| Tuberías y accesorios de fundición no centrifugada | 400                                                                                 | 300                                                                                           | 5                                          | 5                              |

\* El esfuerzo de prueba (límite de elasticidad al 0,2 %) se debe medir en caso que exista un acuerdo previo entre el fabricante y el cliente y bajo las condiciones que deben encontrarse especificadas en la orden de compra o pedido.

\*\* Valores de  $R_{p0,2}$  que oscilan entre 270 N/mm<sup>2</sup> y 300 N/mm<sup>2</sup> son permitidos cuando el alargamiento a la rotura es mayor o igual a 12 % para tuberías entre DN 40 y DN 1 000 y para tuberías entre DN 1 200 y DN 2 600 cuando es mayor o igual al 10%.

### **7.3 Ensayo de dureza Brinell**

#### **7.3.1 Resumen del método**

El ensayo de dureza, se realiza para determinar si las tuberías aceptan procesos de corte, taladrado o corte mecanizado, con límites máximos de dureza que varían para tuberías y accesorios.

#### **7.3.2 Muestreo**

Las tuberías de las cuales se toman las probetas de ensayo, deben ser parte del suministro y deben ser muestreadas de acuerdo a lo establecido en 7.2.2.

#### **7.3.3 Preparación de la probeta**

Las probetas deben cumplir lo establecido en 7.2.3.

#### **7.3.4 Procedimiento**

La verificación de la dureza Brinell (HB), especificada en 5.1, se verifica mediante un ensayo realizado sobre la superficie exterior de las piezas después de un proceso suave de esmerilado.

El ensayo de dureza Brinell se debe realizar de acuerdo con la norma ISO 6506, con una bola de acero de 10 mm, 5 mm ó 2,5 mm de diámetro.

#### **7.3.5 Interpretación de resultados**

Las tuberías deben ser de tales características que su dureza superficial no exceda el valor de 230 HB. La dureza superficial de los accesorios no debe ser superior a los 250 HB.<sup>6</sup>

### **7.4 Ensayo de presión máxima de trabajo y de presión interna**

#### **7.4.1 Resumen del método**

Las tuberías de fundición centrífuga se someten a un ensayo hidrostático en fábrica durante un período de tiempo a una presión mínima definida por su DN.

En cambio las tuberías y accesorios que no son de fundición centrífuga deben someterse a un ensayo de estanqueidad realizado con agua o aire, bajo las condiciones indicadas por la especificación particular correspondiente.

#### **7.4.2 Muestreo**

No se realiza ningún muestreo.

#### **7.4.3 Preparación de la probeta**

No se realiza ningún tipo de preparación de la probeta.

---

<sup>6</sup> En el caso de que las tuberías o accesorios se fabriquen con elementos soldados, se admite una mayor dureza local en los emplazamientos de las soldaduras

#### 7.4.4 Procedimiento

Las tuberías y accesorios se someten a una presión máxima de trabajo.

Debido a su elevada resistencia mecánica, las tuberías y accesorios de hierro fundido dúctil pueden emplearse en un amplio intervalo de condiciones de trabajo. Por tanto, las presiones correspondientes al ensayo hidrostático o al ensayo de estanqueidad, se establecen de acuerdo con las características específicas de la pieza fundida.

Las tuberías de fundición centrífuga deben someterse a un ensayo hidrostático en fábrica durante un período de por lo menos 10 s a una presión mínima definida por su DN.

Se recomienda que la presión (p), expresada en bares como función del coeficiente k (véase 6.1.2.1), se calcule utilizando las siguientes formulas:

|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| DN 40 a DN 300      | : $p = 0,5 (k + 1)^2$ |
| DN 350 a DN 600     | : $p = 0,5 (k)^2$     |
| DN 700 a DN 1 000   | : $p = 0,5 (k - 1)^2$ |
| DN 1 200 a DN 2 000 | : $p = 0,5 (k - 2)^2$ |
| DN 2 200 a DN 2 600 | : $p = 0,5 (k - 3)^2$ |

Asimismo, la presión real en el ensayo debe resistir al menos los siguientes valores:

|                     |                 |
|---------------------|-----------------|
| DN 40 a DN 300      | : $p = 100$ bar |
| DN 350 a DN 600     | : $p = 80$ bar  |
| DN 700 a DN 1 000   | : $p = 60$ bar  |
| DN 1 200 a DN 2 000 | : $p = 40$ bar  |
| DN 2 200 a DN 2 600 | : $p = 25$ bar  |

Para las tuberías indicadas en tabla 6.2 se presenta en tabla 7.4 la presión hidrostática de ensayo en fábrica ( $k = 9$ )

**Tabla 7.4 - Presión de ensayo hidrostático según diámetro nominal**

| Diámetro nominal<br>DN<br>mm |   |    |   |       | Presión de ensayo<br>hidrostático en<br>fábrica<br>Bar |
|------------------------------|---|----|---|-------|--------------------------------------------------------|
| 40                           | ≤ | DN | ≤ | 300   | 50                                                     |
| 350                          | ≤ | DN | ≤ | 600   | 40                                                     |
| 700                          | ≤ | DN | ≤ | 1 000 | 32                                                     |
| 1 200                        | ≤ | DN | ≤ | 2 000 | 25                                                     |
| 2 200                        | ≤ | DN | ≤ | 2 600 | 18                                                     |

Se debe considerar que 1 Bar =  $10^5$  Pa

Las tuberías y accesorios que no son de fundición centrífuga deben someterse a un ensayo de estanqueidad realizado con agua o aire, bajo las condiciones indicadas por la especificación particular correspondiente.

#### 7.4.5 Interpretación de resultados

Una vez realizado completamente el ensayo, no debe haber signos visibles de fuga, transpiraciones o cualquier defecto visible.

## **7.5 Repetición de pruebas**

Si los resultados de los ensayos son inferiores a los valores mínimos especificados, se deben tomar otras dos probetas de ensayo de la misma tubería, o de la misma muestra en el caso de accesorios, y éstos deberán satisfacer los mismos requisitos especificados.

## **7.6 Rechazo**

Si en la realización de un reensayo, se presenta falla, todo el lote representado por la muestra, debe ser rechazado.

# **8 INSPECCIONES Y CERTIFICACIONES**

## **8.1 Inspección**

Si el cliente lo desea, llevará a cabo la inspección de las tuberías y accesorios en el propio recinto del fabricante. Tanto el equipo (aparatos de ensayo) como las tareas (planillas y personal) necesarias para la realización de los ensayos deben ser responsabilidad del fabricante.

El inspector designado por el cliente y acreditado ante el fabricante, será notificado con anticipación acerca del momento en el cual se llevarán a cabo las operaciones de inspección.

El inspector puede presenciar el muestreo, preparación y prueba de las probetas de ensayo, la verificación de las dimensiones, el pesaje y los ensayos hidráulicos.

La inspección y pesaje de las tuberías y accesorios, puede realizarse después de que se efectúe el recubrimiento.

En caso de que el cliente o su representante no estén presentes cuando se lleven a cabo estas operaciones en el momento en el que fue previamente acordado, el fabricante estará autorizado para proceder con la inspección sin que el cliente o su representante se encuentren presentes.

Los requisitos relacionados con la inspección de diferentes piezas de fundición se basan en criterios similares o los que se establecen en la norma ISO 13 para las tuberías y accesorios de hierro fundido.

## **8.2 Certificado de cumplimiento o análisis certificado**

El comprador puede solicitarle al fabricante o al vendedor un certificado de cumplimiento, donde se establezca que el material suministrado se encuentra bajo la orden de compra establecida y que cumple con todos los requisitos de esta norma.

# **9 MARCADO Y ROTULADO**

## **9.1 Marcado y rotulado**

Cada tubería o accesorio debe llevar, al menos las siguientes indicaciones:

- Marca del fabricante;
- Indicación de que se trata de hierro fundido dúctil;
- Indicación de su diámetro nominal (DN).

En caso de que sea necesario, cada accesorio debe llevar una indicación de sus características principales.

Las tuberías, elementos y accesorios con diámetros nominales superiores a DN 300 también deben indicar el año de fabricación.

El rotulado puede provenir del proceso de fundición, ser pintado o estampado en frío.



## **Anexo A (Informativo)**

### **Detalle de tuberías, uniones y accesorios más utilizados**

Se adjunta el detalle de las tuberías, uniones y accesorios más utilizados en fierro fundido dúctil (FFD)





## Detalle de tuberías, uniones y accesorios más utilizados

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Para recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales                       |                                                                                     | Tuberías, conexiones y accesorios en fierro fundido dúctil para recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales.<br>Con revestimientos diferenciados, dando respuestas adecuadas a los problemas más comunes en los sistemas. Disponible en DN 80 a DN 2 000 mm. |                                                                                       |
| Esgurrimiento por gravedad                                                          |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                       |
| a) Tuberías                                                                         |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                       |
| Junta elástica                                                                      | Junta trabada                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                           | Junta con brida                                                                       |
|    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|    |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                       |
|    |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                       |
| b) Conexiones                                                                       |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                       |
|  |  |                                                                                                                                                                                       |  |
| c) Conexiones al colector                                                           |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                       |
|  |  |                                                                                                                                                                                       |  |
| d) Dispositivos de acceso a la red                                                  |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                       |
|  |                                                                                     |                                                                                                                                                                                      |                                                                                       |
| Sistema bajo presión                                                                |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                       |
| a) Tuberías - Ídem anterior                                                         |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                       |
| Junta elástica                                                                      | Junta trabada                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                           | Junta con brida                                                                       |
|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|  |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                       |
|  |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                       |

| b) Curvas                                                                           |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Junta elástica                                                                      |                                                                                     | Junta trabada                                                                         | Junta con brida                                                                       |
|    |                                                                                     |      |    |
|    |                                                                                     |      |    |
|    |                                                                                     |      |    |
|    |                                                                                     |      |    |
|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| c) Tes y Ramales                                                                    |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| Junta elástica                                                                      | Junta trabada                                                                       | Junta con brida                                                                       |                                                                                       |
|    |    |     |    |
|   |   |                                                                                       |                                                                                       |
|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| d) Reducciones                                                                      |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| Junta con brida                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|  |                                                                                     |  |                                                                                       |
|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| e) Cuplas                                                                           |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| Junta elástica                                                                      | Junta trabada                                                                       | Junta trabada                                                                         | Para DN ≥ 1400                                                                        |
|  |  |   |  |
|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| f) Piezas de transición                                                             |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| Junta a brida                                                                       | Bolsas                                                                              |                                                                                       | Punta                                                                                 |
|                                                                                     | Junta elástica                                                                      | Junta trabada                                                                         |  |
|                                                                                     |  |    |                                                                                       |
|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| g) Piezas de complemento y ajuste                                                   |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|  |                                                                                     |  |                                                                                       |

**h) Brida ciega para tapón****i) Piezas de intervención y montaje****j) Piezas con alas de defensa****k) Accesorios para bridas**

Para sistemas de agua potable

Tuberías y conexiones en hierro fundido dúctil para sistemas de agua bruta, agua tratada e irrigación. Cuenta con diversos tipos de juntas adecuadas a cada situación. Disponible en grandes diámetros (DN 1 400 a DN 2 000 mm).

**a) Tuberías**

| Tipo | Junta elástica                                                                      | Junta trabada                                                                        | Junta con brida                                                                       |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| K7   |  |  |  |
| K9   |  |  |                                                                                       |

**b) Curvas**

| Tipo  | Junta elástica                                                                      | Junta trabada                                                                       | Junta con brida                                                                                                                                                             |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 90°   |  |  |   |
| 45°   |  |  |                                                                                        |
| 22,5° |  |  |                                                                                        |

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 11,25°                                                                              |    |      |    |
| c) Tes y ramales                                                                    |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| Junta elástica                                                                      | Junta trabada                                                                       |                                                                                       | Junta con brida                                                                       |
|    |    |                                                                                       |    |
|    |    |                                                                                       |    |
| d) Crucetas                                                                         |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| Junta elástica                                                                      |                                                                                     | Junta trabada                                                                         |                                                                                       |
|    |                                                                                     |     |                                                                                       |
| e) Reducciones                                                                      |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| Junta elástica                                                                      | Junta trabada                                                                       | Junta con brida                                                                       |                                                                                       |
|  |  |    |  |
|  |  |                                                                                       |                                                                                       |
| f) Cuplas                                                                           |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| Junta elástica                                                                      | Junta con brida                                                                     | Junta trabada                                                                         | Para DN ≥ 1400                                                                        |
|  |  |    |  |
| g) Piezas de transición                                                             |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| Junta a brida                                                                       | Bolsas                                                                              |                                                                                       | Punta                                                                                 |
|                                                                                     | Junta elástica                                                                      | Junta trabada                                                                         |  |
|                                                                                     |  |    |                                                                                       |
| h) Piezas de complemento de ajuste                                                  |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|  |                                                                                     |  |                                                                                       |

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                                                                               |                                                                                       |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| i) Piezas para tapón                                                                |                                                                                     |                                                                                                                                                                                               |                                                                                       |                                                                                       |
| Junta elástica                                                                      |                                                                                     | Junta trabada                                                                                                                                                                                 |                                                                                       | Junta con brida                                                                       |
|    |                                                                                     |                                                                                                              |                                                                                       |    |
| j) Piezas para intervención y montaje                                               |                                                                                     |                                                                                                                                                                                               |                                                                                       |                                                                                       |
|    |                                                                                     |                                                                                                              |      |     |
|  |                                                                                     |                                                                                                                                                                                               |                                                                                       |                                                                                       |
| j) Piezas con alas de defensa                                                       |                                                                                     |                                                                                                                                                                                               |                                                                                       |                                                                                       |
|    |                                                                                     |                                                                                                            |                                                                                       |                                                                                       |
| k) Accesorios para bridas                                                           |                                                                                     |                                                                                                                                                                                               |                                                                                       |                                                                                       |
|    |                                                                                     |                                                                                                            |                                                                                       |                                                                                       |
| Válvulas y accesorios                                                               |                                                                                     | Válvulas y accesorios para saneamiento. Se muestran las válvulas de gaveta con cuña tipo Euro 20 y la gama de piezas de Intervención y Montaje (Junta de Desmontaje, Ultralink y Ultraquick). |                                                                                       |                                                                                       |
| a) Válvulas de gaveta Euro 20                                                       |                                                                                     |                                                                                                                                                                                               |                                                                                       |                                                                                       |
|  |  |                                                                                                           |  |                                                                                       |
| b) Válvulas de gaveta                                                               |                                                                                     |                                                                                                                                                                                               |                                                                                       |                                                                                       |
| Equivalencia de válvulas                                                            |                                                                                     |                                                                                                                                                                                               |                                                                                       |                                                                                       |
| Válvulas de Gaveta Euro 20                                                          |  |                                                                                                            |  |  |
| Registros Convencionales                                                            |  |                                                                                                            |  |                                                                                       |
| c) Válvula mariposa con bridas                                                      |                                                                                     |                                                                                                                                                                                               |                                                                                       |                                                                                       |
|  |                                                                                     |                                                                                                                                                                                               |                                                                                       |                                                                                       |

**d) Equipo contra incendios****e) Protección de redes y casa de bombas****f) Equipos para reservorios****g) Piezas de intervención y montaje****h) Accesorios de maniobra****i) Válvulas de control (SÉRIE E2001)**

## **IBNORCA: Instituto Boliviano de Normalización y Calidad**

IBNORCA creado por Decreto Supremo N° 23489 de fecha 1993-04-29 y ratificado como parte componente del Sistema Boliviano de la Calidad (SNMAC) por Decreto Supremo N°24498 de fecha 1997-02-17, es la Organización Nacional de Normalización responsable del estudio y la elaboración de Normas Bolivianas.

Representa a Bolivia ante los organismos Subregionales, Regionales e Internacionales de Normalización, siendo actualmente miembro activo del Comité Andino de Normalización CAN, de la Asociación MERCOSUR de Normalización AMN, miembro pleno de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas COPANT, miembro de la International Electrotechnical Commission IEC y miembro correspondiente de la International Organization for Standardization ISO.

### **Revisión**

Esta norma está sujeta a ser revisada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

### **Características de aplicación de Normas Bolivianas**

Como las normas técnicas se constituyen en instrumentos de ordenamiento tecnológico, orientadas a aplicar criterios de calidad, su utilización es un compromiso concienical y de responsabilidad del sector productivo y de exigencia del sector consumidor.

### **Información sobre Normas Técnicas**

IBNORCA, cuenta con un Centro de Información y Documentación que pone a disposición de los interesados Normas Internacionales, Regionales, Nacionales y de otros países.

### **Derecho de Propiedad**

IBNORCA tiene derecho de propiedad de todas sus publicaciones, en consecuencia la reproducción total o parcial de las Normas Bolivianas está completamente prohibida.





MINISTERIO DEL AGUA  
VICEMINISTERIO DE SERVICIOS BÁSICOS

## Plásticos - Tuberías de polietileno (PE) especificadas por su diámetro interior (RDIE)

Primera revisión

ICS 23.040.20 Canalizaciones de materiales plásticos

Abril 2007



Ministerio del Agua  
Viceministerio de  
Servicios Básicos



## Prefacio

La revisión y actualización de la Norma Boliviana **NB 646-07 “Plásticos - Tuberías de polietileno (PE) especificadas por su diámetro interior (RDIE) (Primera revisión)”**, ha sido encomendada al Comité Técnico de Normalización **CTN 12.17 “Tuberías y accesorios metálicos”**.

Las instituciones y representantes que participaron fueron los siguientes:

| <b>REPRESENTANTE</b> | <b>INSTITUCIÓN</b>    |
|----------------------|-----------------------|
| Reynaldo Villalba    | UNI/VSB (Coordinador) |
| Luís Víctor Rico     | ABIS                  |
| José Luís Castagné   | ABIS                  |
| Grover Rivera        | IIS-UMSA              |
| José Díaz            | IIS-UMSA              |
| Ronny Vega           | ANESAPA               |
| Leonardo Cuaquira    | CONSULTOR             |
| Fernando Inchauste   | CONSULTOR             |
| Humberto Obleas      | CONSULTOR             |
| Patricia Ancalle     | CONSULTOR             |
| Gonzalo Dalence E.   | IBNORCA               |

Fecha de aprobación por el Comité Técnico de Normalización 2007-02-12

Fecha de aprobación por el Consejo Rector de Normalización 2007-03-29

Fecha de aprobación por la Junta Directiva del IBNORCA 2007-04-13

## Informe

La actualización de esta Norma fue realizada por el Viceministerio de Servicios Básicos/ Ministerio del Agua, a la cabeza del Ing. Alcides Franco Torrico, Viceministro de Servicios Básicos, con financiamiento del Proyecto de Asistencia Técnica/ASDI y la supervisión de la Unidad de Normas e Institucionalidad del Viceministerio de Servicios Básicos.

Esta Norma ha sido elaborada en el marco de una consultoría y su revisión y aprobación fueron realizadas por el Comité Técnico de Normalización CTN 12.16.

Asimismo, la revisión de esta Norma se realizó en talleres técnicos regionales en las ciudades de Cochabamba, Santa Cruz y La Paz, con la participación y el aporte de los siguientes profesionales e instituciones:

### VALLE

|                  |                   |                   |                     |
|------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Severo Vega      | ABIS – Cochabamba | Edgar Armaza      | SEMAPA              |
| Jhony Pérez      | ABIS – Cochabamba | Carlos Peláez     | SEMAPA              |
| Marcelo Crespo   | ABIS – Cochabamba | Jorge Heredia     | SEMAPA              |
| Julio Fuentes    | ABIS – Cochabamba | Leonardo Salinas  | SEMAPA              |
| J. Carlos Guzmán | GM – Cochabamba   | Vanesa Selaya     | SEMAPA              |
| Cristian Cuellar | GM – Cochabamba   | Vladimir Valda    | ELAPAS – Sucre      |
| Franco Burgulla  | GM – Quillacollo  | Edgar A. Nava     | ELAPAS – Sucre      |
| Eduard Montalvo  | GM – Tapacarí     | Marcelo Encalada  | FUNDACION SODIS     |
| Jorge P. Vargas  | GM – Tapacarí     | Leonardo Anaya    | AGUILAR & ASOCIADOS |
| Julio Mercado    | GM – Colcapirhua  | Edwing Miranda    | FHI                 |
| Luis Coca        | FPS – Cochabamba  | Franklin Antezana | EMPROCIV SRL        |
| Jenny Rojas      | CASA – UMSS       | Oscar Zelada      | EMPRESIB            |
| Fernando Pérez   | AMDECO            | Wilfredo Veizaga  | MONTERREY SRL       |
| Ronald Baldellon | MACOTI            | José Veizaga      | MONTERREY SRL       |
| Mirtha Baptista  | CONSULTORA        | Marcelo Calizaya  | CONSULTOR           |

### TRÓPICO

|                    |                     |                    |                    |
|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Marco A. Gutiérrez | VSF – PROAT         | Rolando de Chazal  | SAGUAPAC           |
| Alexis Meruvia     | VSF – PROAT         | Milton Von Borries | SAGUAPAC           |
| Eduardo Ugarteche  | ABIS Santa Cruz     | Erwin Medrano      | SAGUAPAC           |
| Guido Casso        | SIB Santa Cruz      | Roberto Cruz       | ACSAACRUZ          |
| Mauricio Flores    | SIB Santa Cruz      | Eladio Arequino    | COOP. SAJUBA       |
| Luisa Dorado       | PREFECTURA SCZ      | Ciriaco Coro       | COOP. SAJUBA       |
| Saud Yuja Gomez    | GM Trinidad, Beni   | Teresa Romero      | COOP. SAJUBA       |
| Ramiro Plaza       | FPS Santa Cruz      | Luis Bravo         | COOP. EL CARMEN    |
| Eduardo Cuestas    | FPS Santa Cruz      | Ariel Méndez       | COOP. COSPOL       |
| Germán Palenque    | UAGRM               | David Saavedra     | COOP. COSPOL       |
| Efraín Capobianco  | UAGRM – SIMAC       | José A. Chacón     | COSIMBO LTDA       |
| Juan E. Ribera     | UAGRM – SIMAC       | Rubén Angulo       | RAS – AVALUOS      |
| Silvana Balcázar   | CADECO – Santa Cruz | Mario E. Sandy     | PLAN INTERNACIONAL |
| José L. Padilla    | CONSULTOR           |                    |                    |

**ALTIPLANO**

|                    |                |                     |                     |
|--------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| Marco A. Gutiérrez | VSB – PROAT    | Carlos España       | UMSA Postgrado      |
| Alexis Meruvia     | VSB – PROAT    | Ángel Aliaga        | UMSA – IIH          |
| Víctor Rico        | ABIS – La Paz  | Gualberto Gutiérrez | UTO                 |
| Jose L. Castagné   | ABIS – La Paz  | Armando Garnica     | UTO                 |
| Orlando Camacho    | ABIS – La Paz  | Amilkar Ilaya       | UTO                 |
| Oswaldo Sánchez    | ABIS – La Paz  | Lina Fernández      | UTO                 |
| Iván Bolívar       | PREFECTURA LP  | José Huanca         | CARITAS             |
| Marcial Medina     | PREFECTURA LP  | Adolfo Gallardo     | ISERV ARQUITECTURA  |
| Edson Aranibar     | PREFECTURA LP  | Israel Antequera    | GREGORY MORRIS      |
| Carlos R. Morales  | PREFECTURA PT  | Daly Salatierra     | AGUILAR & ASOCIADOS |
| Marco A. Gómez     | PREFECTURA PT  | Marvin Botello      | PLAMAT S.A.         |
| Ronald Beltrán     | GM – La Paz    | Gonzalo Vargas      | PLASMAR S.A.        |
| Carlos García      | GM – La Paz    | Oscar Quiroga       | PLASMAR S.A.        |
| Ramiro Encinas     | FPS – Nacional | Marcelo Barrero     | SUMINDUS            |
| Eufracio Choque    | FPS – La Paz   | Alfonso Pomarino    | CONSULTOR           |
| Alexandra Sandi    | FPS – La Paz   | Francisco Alvizuri  | CONSULTOR           |
| Ingrid Vásquez     | FNDR           | Juan C. Fernández   | CONSULTOR           |
| Hugo Jiménez       | SISAB          | Humberto Cordero    | CONSULTOR           |
| Roger Yugar        | PROAGUAS       | Leonardo Cuaquira   | CONSULTOR           |
| Juan Correa        | AAPOS – Potosí |                     |                     |

**ELABORACIÓN:**

|                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| Fernando Inchauste Morales | Consultor principal |
| Humberto Obleas Arandia    | Consultor           |
| Patricia Ancalle Mamani    | Consultora          |

**FINANCIADOR:**

Agencia Sueca de Cooperación para el  
para el Desarrollo Internacional (Asdi)

# ÍNDICE

Página

|          |                                                                                       |            |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>0</b> | <b>INTRODUCCIÓN.....</b>                                                              | <b>115</b> |
| 0.1      | Sistema de unidades.....                                                              | 115        |
| 0.2      | Variables.....                                                                        | 115        |
| 0.3      | Abreviaturas .....                                                                    | 115        |
| <b>1</b> | <b>OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....</b>                                              | <b>115</b> |
| <b>2</b> | <b>REFERENCIAS.....</b>                                                               | <b>116</b> |
| <b>3</b> | <b>DEFINICIONES.....</b>                                                              | <b>116</b> |
| 3.1      | Esfuerzo hidrostático de diseño .....                                                 | 117        |
| 3.2      | Presión nominal.....                                                                  | 117        |
| 3.3      | Ecuación ISO .....                                                                    | 117        |
| 3.4      | Relación dimensional estándar para la tubería<br>termoplástica (RDIE) .....           | 117        |
| 3.5      | Código estándar para la designación del material<br>termoplástico de la tubería ..... | 118        |
| <b>4</b> | <b>CLASIFICACIÓN .....</b>                                                            | <b>118</b> |
| 4.1      | Generalidades .....                                                                   | 118        |
| 4.2      | Relaciones dimensionales estándar para la<br>tubería termoplástica (RDIE).....        | 118        |
| 4.3      | Presión nominal de la tubería termoplástica (PN).....                                 | 118        |
| 4.4      | Propiedades .....                                                                     | 119        |
| 4.4.1    | Acabado .....                                                                         | 119        |
| 4.4.2    | Adhesión .....                                                                        | 119        |
| 4.4.3    | Negro de humo.....                                                                    | 119        |
| 4.4.4    | Densidad .....                                                                        | 119        |
| 4.5      | Materiales.....                                                                       | 120        |
| 4.5.1    | Generalidades .....                                                                   | 120        |
| 4.5.2    | Materiales básicos.....                                                               | 120        |
| 4.5.3    | Esfuerzo hidrostático de diseño .....                                                 | 120        |
| 4.5.4    | Tipos de materiales .....                                                             | 120        |
| 4.5.5    | Compuesto .....                                                                       | 121        |
| 4.5.6    | Material recuperado .....                                                             | 121        |
| <b>5</b> | <b>ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS .....</b>                              | <b>122</b> |
| 5.1      | Tuberías .....                                                                        | 122        |
| 5.1.1    | Tipos.....                                                                            | 122        |
| 5.1.2    | Dimensiones y tolerancias .....                                                       | 123        |
| 5.1.2.1  | Diámetro interno .....                                                                | 123        |
| 5.1.2.2  | Espesor de pared .....                                                                | 124        |
| 5.1.2.3  | Gama de variación del espesor de pared .....                                          | 124        |
| 5.1.2.4  | Espesor de la capa exterior.....                                                      | 124        |
| 5.1.3    | Especificaciones técnicas .....                                                       | 126        |
| 5.1.3.1  | Presión sostenida.....                                                                | 126        |
| 5.1.3.2  | Presión de rotura.....                                                                | 126        |
| 5.1.3.3  | Esfuerzo de agrietamiento ambiental.....                                              | 127        |
| 5.1.3.4  | Presión sostenida a temperatura elevada.....                                          | 127        |
| 5.2      | Uniones .....                                                                         | 127        |
| <b>6</b> | <b>MÉTODOS DE ENSAYO .....</b>                                                        | <b>127</b> |
| 6.1      | Actividades preliminares y tipos de ensayo .....                                      | 127        |

|          |                                                          |            |
|----------|----------------------------------------------------------|------------|
| 6.1.1    | Actividades preliminares .....                           | 127        |
| 6.1.1.1  | Acondicionamiento .....                                  | 127        |
| 6.1.1.2  | Condiciones de ensayo .....                              | 128        |
| 6.1.1.3  | Muestreo .....                                           | 128        |
| 6.1.1.4  | Especímenes de ensayo .....                              | 128        |
| 6.1.2    | Tipos de ensayos .....                                   | 128        |
| 6.2      | Ensayo de negro de humo .....                            | 128        |
| 6.2.1    | Resumen del método .....                                 | 128        |
| 6.2.2    | Muestreo .....                                           | 128        |
| 6.2.3    | Preparación de los especímenes .....                     | 128        |
| 6.2.4    | Procedimiento .....                                      | 128        |
| 6.2.5    | Interpretación de resultados .....                       | 128        |
| 6.3      | Ensayo de densidad .....                                 | 129        |
| 6.3.1    | Resumen del método .....                                 | 129        |
| 6.3.2    | Muestreo .....                                           | 129        |
| 6.3.3    | Preparación de los especímenes .....                     | 129        |
| 6.3.4    | Procedimiento .....                                      | 129        |
| 6.3.5    | Interpretación de resultados .....                       | 129        |
| 6.3.5.1  | Densidad de la base, compuestos clase C .....            | 129        |
| 6.3.5.2  | Densidad de la base, compuestos clase B .....            | 129        |
| 6.4      | Ensayo de presión sostenida (ensayo tipo) .....          | 129        |
| 6.4.1    | Resumen del método .....                                 | 129        |
| 6.4.2    | Muestreo .....                                           | 129        |
| 6.4.3    | Preparación de los especímenes .....                     | 130        |
| 6.4.4    | Procedimiento .....                                      | 130        |
| 6.4.5    | Interpretación de resultados .....                       | 130        |
| 6.4.5.1  | Falla .....                                              | 130        |
| 6.4.5.2  | Englobamiento .....                                      | 130        |
| 6.4.5.3  | Rotura .....                                             | 130        |
| 6.4.5.4  | Filtración o goteo .....                                 | 131        |
| 6.5      | Ensayo de esfuerzo de agrietamiento ambiental .....      | 131        |
| 6.5.1    | Resumen del método .....                                 | 131        |
| 6.5.2    | Muestreo .....                                           | 131        |
| 6.5.3    | Preparación de los especímenes .....                     | 131        |
| 6.5.4    | Procedimiento .....                                      | 131        |
| 6.5.5    | Interpretación de resultados .....                       | 131        |
| 6.6      | Ensayo a temperatura elevada .....                       | 132        |
| 6.6.1    | Resumen del método .....                                 | 132        |
| 6.6.2    | Muestreo .....                                           | 132        |
| 6.6.3    | Preparación de los especímenes .....                     | 132        |
| 6.6.4    | Procedimiento .....                                      | 132        |
| 6.6.4.1  | Determinación de categoría .....                         | 132        |
| 6.6.4.2  | Proceso .....                                            | 133        |
| 6.6.5    | Interpretación de resultados .....                       | 133        |
| 6.7      | Repetición de pruebas .....                              | 133        |
| 6.8      | Rechazo .....                                            | 133        |
| <b>7</b> | <b>INSPECCIONES Y CERTIFICACIONES .....</b>              | <b>134</b> |
| 7.1      | Inspección .....                                         | 134        |
| 7.2      | Certificado de cumplimiento o análisis certificado ..... | 134        |
| <b>8</b> | <b>MARCADO Y ROTULADO .....</b>                          | <b>134</b> |
| 8.1      | Marcado y rotulado .....                                 | 134        |

|                                                                                       |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Anexo A (Informativo) Detalle de tuberías, uniones y accesorios más utilizados</b> | <b>135</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|

## Plásticos - Tuberías de polietileno (PE) especificadas por su diámetro interior (RDIE)

### 0 INTRODUCCIÓN

#### 0.1 Sistema de unidades

|                  |                            |
|------------------|----------------------------|
| %                | porcentaje                 |
| °C               | grados Celsius             |
| °F               | grados Fahrenheit          |
| mm               | milímetro                  |
| cm <sup>3</sup>  | centímetro cúbico          |
| m                | metro                      |
| plg              | pulgada                    |
| plg <sup>2</sup> | pulgada cuadrado           |
| pie              | pie                        |
| g                | gramo                      |
| lb               | libra                      |
| min              | minuto                     |
| h                | hora                       |
| psi              | libra por pulgada cuadrado |
| MPa              | mega Pascal                |

#### 0.2 Variables

|                |                                                                                                 |                   |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| C              | Porcentaje en peso del negro de humo                                                            | %                 |
| D <sub>i</sub> | Diámetro interior promedio de la tubería                                                        | mm (plg)          |
| D <sub>e</sub> | Diámetro promedio externo                                                                       | mm (plg)          |
| D <sub>R</sub> | Densidad de la resina                                                                           | g/cm <sup>3</sup> |
| D <sub>p</sub> | Densidad del compuesto de la tubería                                                            | g/cm <sup>3</sup> |
| PN             | Presión nominal                                                                                 | MPa (psi)         |
| R              | Relación dimensional estándar de la tubería termoplástica, relación también conocida como RDIE, | adimensional      |
| RDIE           | Relación dimensional estándar                                                                   | adimensional      |
| S              | Esfuerzo hidrostático de diseño                                                                 | MPa (psi)         |
| t              | Espesor mínimo de pared                                                                         | mm (plg)          |

#### 0.3 Abreviaturas

Las abreviaciones concuerdan con las de la norma ASTM D1 600.

|      |                                                |
|------|------------------------------------------------|
| ASTM | American Society for Testing Material          |
| DN   | Diámetro Nominal                               |
| ISO  | International Organization for Standardization |
| PE   | Plástico de Polietileno                        |
| PPI  | Plastic Pipe Institute                         |

### 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma se aplica a la tubería de polietileno (PE) elaborada en base a las relaciones dimensionales estándar para tuberías termoplásticas y presiones establecidas para el agua.



También se incluyen criterios para la clasificación tanto de los materiales de la tubería, un sistema para establecer la nomenclatura correspondiente a la tubería así como, también, requisitos y métodos de ensayo para los materiales, acabados, dimensiones, presión sostenida, esfuerzos de agrietamiento ambiental y a temperatura elevada. Igualmente se incluyen los diferentes métodos empleados en el rotulado.

Los valores establecidos en unidades del Sistema Internacional se deben considerar como los correspondientes a la norma mientras que los que van entre paréntesis sólo tienen carácter informativo. Esta norma se ha desarrollado en base a normas ASTM, por ello cuando se definen dimensiones en mm, se adopta lo establecido en la ISO 4 427.

La siguiente advertencia únicamente está relacionada con los métodos de ensayo (véase 6). No es el propósito de esta norma advertir sobre todos los riesgos, en caso de que los haya asociados con su empleo. Es responsabilidad del usuario establecer prácticas apropiadas de salud y seguridad, así como determinar la aplicabilidad de las restricciones de los reglamentos pertinentes antes de proceder a su aplicación.

## **2 REFERENCIAS**

Las normas de referencia que se presentan, contienen disposiciones y requisitos que son parte de esta norma y se consideran valederas para la presente norma.

En caso de conflicto prevalecerá lo establecido en esta norma.

|             |                                                                                               |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| ASTM D 618  | Practice for Conditioning Plastics and Electrical Insulating Materials for Testing.           |
| ASTM D 792  | Test Methods for Specific Gravity (Relative Density) and Density of Plastics by Displacement. |
| ASTM D 883  | Definitions of Terms Relating to Plastics.                                                    |
| ASTM D 1238 | Test Method for Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer.                        |
| ASTM D 1248 | Specification for Polyethylene Plastics Molding and Extrusion Materials.                      |
| ASTM D 1505 | Test Method for Density of Plastics by the density - Gradient Technique.                      |
| ASTM D 1598 | Test Method for Time-to-Failure of Plastic Pipe Under Constant Internal Pressure.             |
| ASTM D 1599 | Test Method for Short-Time Hydraulic Failure Pressure of Plastic Pipe, Tubing, and Fittings.  |
| ASTM D 1600 | Terminology Relating to Abbreviations, Acronyms and Codes for Terms Relating to Plastics.     |
| ASTM D 1603 | Test Method for Carbon Black in Olefin Plastics.                                              |
| ASTM D 2122 | Test Method for Determining Dimensions of Thermoplastic Pipe and Fittings.                    |
| ASTM D 2837 | Test Method for Obtaining Hydrostatic Design Basis for Thermoplastic Pipe Materials.          |
| ASTM D 3350 | Specification for Polyethylene Plastics Pipe and Fittings Materials.                          |
| ASTM F 412  | Terminology Relating to Plastic Piping Systems.                                               |
| ISO 4427    | Polyethylene (PE) pipes for water supply - Specifications.                                    |

## **3 DEFINICIONES**

A menos que se establezca lo contrario, las definiciones concuerdan con las que se establecen en las normas ASTM D 883 y ASTM F 412.

Para los propósitos de esta norma, se aplican las siguientes definiciones:

### 3.1 Esfuerzo hidrostático de diseño

Es el esfuerzo máximo esperado en dirección tangencial a la pared de la tubería (ocasionado por la presión hidrostática interna del agua) que puede aplicarse continuamente a la tubería con un alto grado de certeza de que tendrá lugar la falla de la tubería.

### 3.2 Presión nominal

Valor máximo estimado de la presión que el agua puede ejercer continuamente sobre las paredes de la tubería, con un alto grado de seguridad de que no se van a presentar fallas.

### 3.3 Ecuación ISO

Relación entre el esfuerzo hidrostático de diseño, la presión nominal y la relación dimensional estándar (véase figura 1), según:

$$\frac{2 S}{PN} = R + 1$$

$$R = \frac{D_i}{t}$$

donde:

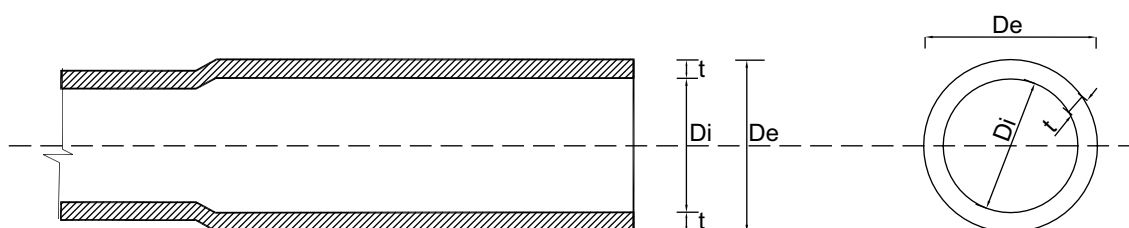
S: Esfuerzo hidrostático de diseño, en MPa (psi)

PN: Presión nominal, en MPa (psi)

R: Relación dimensional estándar de la tubería termoplástica, relación también conocida como RDIE.

$D_i$ : Diámetro interior promedio de la tubería, en mm (plg).

t: Espesor mínimo de pared, en mm (plg).



**Figura 1 - Esquema de la tubería**

### 3.4 Relación dimensional estándar para la tubería termoplástica (RDIE)

Es la relación que se obtiene al dividir el diámetro interno de la tubería por el espesor de pared. En el caso de la tubería de PE se calcula dividiendo el diámetro interior promedio de la tubería en milímetros o en plg por el espesor mínimo de pared en milímetros o plg (se debe mantener las mismas unidades). (Véase figura 1).

Si el espesor de pared empleado en esta fórmula es inferior a 1,52 mm (0,060 plg), se debe incrementar en forma arbitraria hasta 1,52 mm (0,060 plg). El valor RDIE debe aproximarse hasta el décimo más próximo.

### **3.5 Código estándar para la designación del material termoplástico de la tubería**

El código para la designación del material de la tubería consta de la abreviatura PE correspondiente al tipo de plástico, seguida del grado ASTM en números arábigos y del esfuerzo hidrostático de diseño en cientos de psi sin decimales. En caso de que el código correspondiente al esfuerzo hidrostático de diseño contenga menos de dos cifras, se debe colocar un cero antes de dicho número.

En estas condiciones el código completo del material consta de dos (2) letras y cuatro (4) cifras para los materiales de la tubería de PE. (véase 4.5.4).

## **4 CLASIFICACIÓN**

### **4.1 Generalidades**

Esta norma contempla las tuberías PE elaboradas a partir de cuatro (4) materiales de plásticos PE (véase 4.5) en seis relaciones dimensionales estándar y seis valores para la presión nominal del agua.

### **4.2 Relaciones dimensionales estándar para la tubería termoplástica (RDIE)**

Esta norma contempla tuberías de PE para seis (6) relaciones dimensionales estándar, a saber 5; 3; 7; 9; 11,5; 15 y 19.

Estas relaciones se conocen como:

- RDIE 5,3;
- RDIE 7;
- RDIE 9;
- RDIE 11,5;
- RDIE 15; y
- RDIE 19

respectivamente. La presión nominal es uniforme para todos los tamaños nominales de tubería para un material de tubería PE y un RDIE dados.

### **4.3 Presión nominal de la tubería termoplástica (PN)**

Esta norma contempla tuberías de PE para seis presiones nominales, estas presiones son:

- PN 1,73 MPa (250 psi)
- PN 1,38 MPa (200 psi)
- PN 1,10 MPa (160 psi)
- PN 0,86 MPa (125 psi)
- PN 0,69 MPa (100 psi)
- PN 0,55 MPa (80 psi)

## **4.4 Propiedades**

### **4.4.1 Acabado**

La tubería debe ser totalmente homogénea y a simple vista estar libre de fisuras, perforaciones, incrustaciones de material extraño u otros defectos.

La tubería debe ser tan uniforme como sea comercialmente posible en cuanto a color, opacidad, densidad y otras propiedades físicas.

### **4.4.2 Adhesión**

En el caso de tubería elaborada mediante extrusión múltiple simultánea, la adhesión entre las diferentes capas debe ser fuerte y uniforme.

No debe ser posible separar dos capas con un probador o con el extremo de la hoja de un cuchillo de tal forma que, en cualquier punto, las capas se separen limpiamente.

### **4.4.3 Negro de humo**

El compuesto de extrusión para la tubería de PE Clase C debe tener por lo menos un 2 % de negro de humo cuando se sometan a ensayos que se realicen de acuerdo con lo establecido en 6.2.

En el caso de tuberías producidas por extrusión múltiple simultánea, este requisito solo se debe aplicar a la capa exterior.

Aparte de que el compuesto debe satisfacer todos los demás requisitos y que la tubería debe satisfacer los requisitos a corto y largo plazo especificados en esta norma, no se establece la cantidad de pigmento en el polietileno de clase B.

Existe evidencia que indica que el tipo, el tamaño de la partícula y la calidad de la dispersión del negro de humo afectan la capacidad de resistencia a la intemperie en la tubería, pero todavía se encuentra bajo investigación y, una vez que se desarrollen métodos de ensayo confiables, se incluirán en una revisión de esta norma los requisitos de resistencia a la intemperie u otros requisitos apropiados.

### **4.4.4 Densidad**

La resina base del polietileno (PE incoloro) en el compuesto de la tubería de acuerdo con la norma ASTM D 1248, debe cumplir con los siguientes valores:

- para tuberías de Grado P14, de 0,910 g/cm<sup>3</sup>,
- para tuberías de Grado P23 y Grado P24, de 0,926 g/cm<sup>3</sup> a 0,940 g/cm<sup>3</sup>,
- para tuberías de Grado P33, de 0,941 g/cm<sup>3</sup> a 0,965 g/cm<sup>3</sup>, y
- para tuberías de Grado P34, de 0,941 g/cm<sup>3</sup> a 0,965 g/cm<sup>3</sup>.

cuando se determinan de acuerdo con el criterio establecido en 6.3 y cumple lo determinado en 4.5.2.

## **4.5 Materiales**

### **4.5.1 Generalidades**

Los plásticos de polietileno empleados con el propósito de que la tubería satisfaga los requisitos de esta norma, deben cumplir los siguientes ensayos:

- ensayos de resistencia a corto plazo, y
- ensayos de resistencia a largo plazo.

### **4.5.2 Materiales básicos**

Esta norma es aplicable a la tubería de PE elaborada a partir de los tipos de polietileno que se encuentran definidos en la norma ASTM D1248, en la cual los requisitos se basan en ensayos a corto plazo. Estos son:

- grado P14,
- grado P23,
- grado P24,
- grado P33 y
- grado P34.

Los plásticos PE también se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de celda tal como se establece en la norma ASTM D 3350.

Los requisitos de comportamiento a la presión sostenida a 80 °C establecidos (véase 6.6) no son los mismos que para los materiales PE de las normas ASTM D 1 248 ó ASTM D 3 350.

Para identificar la correcta categoría del ensayo de la tubería (C1 a C7), la densidad de la resina base del material PE así como su índice de fusión, éstos valores deben ser indicados por el proveedor del material PE.

### **4.5.3 Esfuerzo hidrostático de diseño**

Esta norma se aplica a la tubería PE elaborada a partir de los plásticos PE tal como se encuentran definidos por medio de cuatro (4) valores de esfuerzo hidrostático de diseño establecidos con base en ensayos a largo plazo.

Los esfuerzos hidrostáticos de diseño recomendados por el Plastic Pipe Institute (PPI) se emplean para clasificar la presión de las tuberías de plástico PE. Estos esfuerzos hidrostáticos de diseño son:

- 2,76 MPa (400 psi),
- 3,45 MPa (500 psi),
- 4,34 MPa (630 psi), y
- 5,25 MPa (800 psi)

para agua a 23 °C (73 °F). Estos esfuerzos hidrostáticos de diseño se aplican solamente a la tubería que satisface todos los requisitos de esta norma.

### **4.5.4 Tipos de materiales**

Se incluyen siete (7) tipos de materiales para la tubería PE basados en los requisitos de la norma ASTM D 1248 y en los esfuerzos hidrostáticos de diseño recomendados por el PPI, tal como se establece a continuación:

- grado P14 con esfuerzo hidrostático de diseño de 2,76 MPa (400 psi) para agua a 23 °C (73 °F), designado como PE 1404
- grado P23 con esfuerzo hidrostático de diseño de 3,45 MPa (500 psi) para agua a 23 °C (73 °F), designado como PE 2305
- grado P23 con esfuerzo hidrostático de diseño de 4,34 MPa (630 psi) para agua a 23 °C (73 °F), designado como PE 2306
- grado P24 con esfuerzo hidrostático de diseño de 4,34 MPa (630 psi) para agua a 23 °C (73 °F), designado como PE 2406
- grado P33 con esfuerzo hidrostático de diseño de 4,34 MPa (630 psi) para agua a 23 °C (73 °F), designado como PE 3306
- grado P34 con esfuerzo hidrostático de diseño de 4,34 MPa (630 psi) para agua a 23 °C (73 °F), designado como PE 3406
- grado P34 con esfuerzo hidrostático de diseño de 5,34 MPa (800 psi) para agua a 23 °C (73 °F), designado como PE 3408

Los esfuerzos hidrostáticos de diseño pueden no ser adecuados para los materiales que presentan una notable desviación con relación a la línea recta en el gráfico de logaritmo de tensión contra el logaritmo del tiempo de falla. Los datos disponibles, sobre los materiales de las tuberías PE, presentan una gráfica con una línea recta bajo estas condiciones.

#### 4.5.5 Compuesto

El compuesto de extrusión de plástico PE debe satisfacer los requisitos del material:

- grado P14, clase B ó C;
- grado P23, clase B ó C;
- grado P24, clase B ó C;
- grado P33, clase B ó C; ó
- grado P34, clase B ó C,

tal como se describe en la norma ASTM D 1248.

Los plásticos PE también se pueden describir de acuerdo con la clasificación de celda correspondiente tal como se define en la norma ASTM D 3350.

Los compuestos de la clase B deben tener suficiente estabilizador de ultravioleta como para proteger la tubería de los efectos venenosos debidos a la exposición continua en el exterior durante el almacenamiento y el transporte.

Las tuberías producidas a partir de los compuestos de la Clase B no son apropiados para aplicaciones de exposición a la intemperie.

Los compuestos de las clases B y C deben tener suficientes antioxidantes para satisfacer los requisitos de la norma ASTM D 3350.

#### NOTA

Los usuarios de la tubería deben consultar con el fabricante en relación con la vida útil del producto con respecto a su exposición al exterior.

#### 4.5.6 Material recuperado

Se permite el uso de material recuperado, limpio, proveniente de la elaboración de tuberías de la misma fábrica, siempre y cuando la tubería producida satisfaga los requisitos establecidos en esta norma.

## 5 ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

### 5.1 Tuberías

Las tuberías de PE, se pueden encontrar según los fabricantes desde 1/2 plg hasta 63 plg, no todos los fabricantes tienen a disposición de los compradores esta gama de diámetros, por ello, para su adquisición se debe consultar a los proveedores. En muchos casos, pueden desarrollarla pero no la tienen disponible.

Los diámetros más comerciales que se elaboran son:

|         |         |        |           |           |        |
|---------|---------|--------|-----------|-----------|--------|
| 1/2 plg | 3/4 plg | 1 plg  | 1 1/4 plg | 1 1/2 plg | 2 plg  |
| 2 plg   | 4 plg   | 6 plg  | 8 plg     | 10 plg    | 12 plg |
| 14 plg  | 16 plg  | 18 plg | 20 plg    | 22 plg    | 24 plg |
| 26 plg  | 28 plg  | 30 plg | 32 plg    | 34 plg    | 36 plg |
| 38 plg  | 40 plg  | 42 plg | 44 plg    | 47 plg    | 51 plg |
| 55 plg  | 59 plg  | 63 plg |           |           |        |

Tampoco todas estas tuberías se encuentran disponibles para los cuatro (4) materiales de plásticos PE, en las seis (6) relaciones de dimensionales estándar y seis (6) valores para la presión nominal del agua que establecen esta norma.

También existen tuberías con diámetros en mm, elaboradas en los equivalentes establecidos. El largo de las tuberías varía, algunas se fabrican de 6 m de largo y la mayoría por rollos de 50 m, 100 m y 200 m.

#### 5.1.1 Tipos

Las tuberías se clasifican, por su empleo con agua a una temperatura de 23 °C (73 °F), según la máxima presión interna indicada en la tabla 1.

A elección del fabricante puede ser recomendable considerar presiones nominales inferiores a las establecidas en 3.3 y en 3.4, en cuyo caso el RDIE se debe incluir en el rotulado.

Los esfuerzos hidrostáticos de diseño recomendados por el Plastic Pipe Institute se basan en ensayos realizados en tuberías cuyos diámetros están comprendidos entre 1/2 plg y 2 plg.

**Tabla 1 - Relaciones dimensionales estándar de la tubería termoplástica (RDIE) y presiones nominales de agua a 23 °C (73 °F)**

Dimensiones en MPa (psi)

| RDIE       | Material de tuberías PE |                    |                    |            |            |
|------------|-------------------------|--------------------|--------------------|------------|------------|
|            | PE 3408                 | PE 3306<br>PE 3406 | PE 2306<br>PE 2406 | PE 2305    | PE 1404    |
|            | Presión nominal (PN)    |                    |                    |            |            |
| 5,3        | 1,73 (250)              | 1,38 (200)         | 1,38 (200)         | 1,10 (160) | 0,86 (125) |
| 7          | 1,38 (200)              | 1,10 (160)         | 1,10 (160)         | 0,86 (125) | 0,69 (100) |
| 9          | 1,10 (160)              | 0,86 (125)         | 0,86 (125)         | 0,69 (100) | 0,55 (80)  |
| 11,5       | 0,86 (125)              | 0,69 (100)         | 0,69 (100)         | 0,55 (80)  |            |
| 15         | 0,69 (100)              | 0,55 (80)          | 0,55 (80)          |            |            |
| 19         | 0,55 (80)               |                    |                    |            |            |
| PN         |                         |                    | RDIE               |            |            |
| 1,73 (250) | 5,3                     |                    |                    |            |            |
| 1,38 (200) | 7                       | 5,3                | 5,3                |            |            |
| 1,10 (160) | 9                       | 7                  | 7                  | 5,3        |            |
| 0,86 (125) | 11,5                    | 9                  | 9                  | 7          | 5,3        |
| 0,69 (100) | 15                      | 11,5               | 11,5               | 9          | 7          |
| 0,55 (80)  | 19                      | 15                 | 15                 | 11,5       | 9          |

Véanse 3.5 y 4.5.4, sobre el código de designación.

## 5.1.2 Dimensiones y tolerancias

### 5.1.2.1 Diámetro interno

El diámetro interno y sus tolerancias deben ser las establecidas en la tabla 2, cuando se midan de acuerdo con el método establecido en la norma ASTM D 2122, estos valores se establecen para las tuberías más comúnmente usadas que son:

- 1/2 plg,
- 3/4 plg,
- 1 plg,
- 1 1/4 plg,
- 1 1/2 plg,
- 2 plg,
- 3 plg,
- 4 plg y
- 6 plg.



**Tabla 2 - Diámetros internos y tolerancias**

Dimensiones en plg

| <b>Diámetro nominal DN</b> | <b>Diámetro interno promedio</b> | <b>Tolerancia</b>  |
|----------------------------|----------------------------------|--------------------|
| 1/2                        | 0,622                            | + 0,010<br>- 0,010 |
| 3/4                        | 0,824                            | + 0,010<br>- 0,015 |
| 1                          | 1,049                            | + 0,010<br>- 0,020 |
| 1 1/4                      | 1,380                            | + 0,010<br>- 0,020 |
| 1 1/2                      | 1,610                            | + 0,015<br>- 0,020 |
| 2                          | 2,067                            | + 0,015<br>- 0,020 |
| 2 1/2                      | 2,469                            | + 0,015<br>- 0,020 |
| 3                          | 3,068                            | + 0,015<br>- 0,030 |
| 4                          | 4,026                            | + 0,015<br>- 0,035 |
| 6                          | 6,065                            | + 0,020<br>- 0,035 |

**5.1.2.2 Espesor de pared**

El espesor de pared y sus tolerancias deben ser las establecidas en la tabla 3, cuando se midan de acuerdo con el método establecido en la norma ASTM D 2122.

**5.1.2.3 Gama de variación del espesor de pared**

La gama del espesor de pared debe ser de 12 % cuando se establece de acuerdo con el método indicado en la norma ASTM D 2122.

**5.1.2.4 Espesor de la capa exterior**

En el caso de tuberías fabricadas por medio de extrusión múltiple simultánea, es decir, tuberías que contienen dos o más capas concéntricas, la capa exterior debe tener un espesor mínimo de 0,50 mm (0,020 plg).

Tabla 3 – Espesor mínimo de pared y tolerancias

Dimensiones en plg

| Diámetro nominal | Espesor de pared A |            |         |            |             |            |        |            |        |            |          |            |
|------------------|--------------------|------------|---------|------------|-------------|------------|--------|------------|--------|------------|----------|------------|
|                  | RDIE 19            |            | RDIE 15 |            | RDIE 11,5 B |            | RDIE 9 |            | RDIE 7 |            | RDIE 5,3 |            |
|                  | mínimo             | tolerancia | mínimo  | tolerancia | mínimo      | tolerancia | mínimo | tolerancia | mínimo | tolerancia | mínimo   | tolerancia |
| ½                | 0,060              | + 0,020    | 0,060   | + 0,020    | 0,060       | + 0,020    | 0,069  | + 0,020    | 0,089  | + 0,020    | 0,117    | + 0,020    |
| ¾                | 0,060              | + 0,020    | 0,060   | + 0,020    | 0,072       | + 0,020    | 0,092  | + 0,020    | 0,118  | + 0,020    | 0,155    | + 0,020    |
| 1                | 0,060              | + 0,020    | 0,070   | + 0,020    | 0,091       | + 0,020    | 0,117  | + 0,020    | 0,150  | + 0,020    | 0,198    | + 0,024    |
| 1 ¼              | 0,073              | + 0,020    | 0,092   | + 0,020    | 0,120       | + 0,020    | 0,153  | + 0,020    | 0,197  | + 0,024    | 0,260    | + 0,031    |
| 1 ½              | 0,085              | + 0,020    | 0,107   | + 0,020    | 0,140       | + 0,020    | 0,179  | + 0,020    | 0,230  | + 0,028    | 0,304    | + 0,036    |
| 2                | 0,109              | + 0,020    | 0,138   | + 0,020    | 0,180       | + 0,020    | 0,230  | + 0,028    | 0,295  | + 0,035    | 0,390    | + 0,047    |
| 2 ½              | 0,130              | + 0,020    | 0,165   | + 0,020    | 0,215       | + 0,025    |        |            |        |            |          |            |
| 3                | 0,161              | + 0,020    | 0,205   | + 0,020    | 0,267       | + 0,032    |        |            |        |            |          |            |
| 4                | 0,212              | + 0,025    | 0,268   | + 0,032    | 0,350       | + 0,042    |        |            |        |            |          |            |
| 6                | 0,319              | + 0,038    | 0,404   | + 0,048    | 0,527       | + 0,063    |        |            |        |            |          |            |

A El espesor mínimo es el menor espesor de pared de la tubería en cualquier sección transversal. El espesor máximo de pared permitido, en cualquier sección transversal es el espesor mínimo de pared más la tolerancia establecida. Todas las tolerancias se encuentran en el lado positivo del requerimiento mínimo.

B No se incluyen las tuberías de 2 1/2 plg a 6 plg con valores de presión nominal de 0,70 MPa (100 psi).

### 5.1.3 Especificaciones técnicas

#### 5.1.3.1 Presión sostenida

La tubería no debe presentar fallas, englobamientos, reventamientos, o filtraciones tal como se establece en el método indicado en la norma ASTM D 1598, a la presión de ensayo que se establece en la tabla 4 y tabla 5, cuando se realice el ensayo de acuerdo con los criterios establecidos en 6.4.

**Tabla 4 - Condiciones de ensayo de presión sostenida para el agua**

| RDIE | PE 2306<br>PE 2406<br>PE 3306<br>PE 3406 |     | PE 2305 |     | PE 1404 |     | PE 3408 |     |
|------|------------------------------------------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
|      | MPa                                      | psi | MPa     | psi | MPa     | psi | MPa     | psi |
|      | Presión de prueba a 38 °C (100 °F)       |     |         |     |         |     |         |     |
| 5,3  | 2,48                                     | 360 | 1,86    | 270 | 1,24    | 180 | 2,90    | 420 |
| 7    | 1,86                                     | 270 | 1,45    | 210 | 0,93    | 135 | 2,28    | 330 |
| 9    | 1,48                                     | 215 | 1,17    | 170 | 0,76    | 110 | 1,83    | 265 |
| 11,5 | 1,17                                     | 170 | 0,93    | 135 |         |     | 1,45    | 210 |
| 15   | 0,93                                     | 135 |         |     |         |     | 1,14    | 165 |
| 19   |                                          |     |         |     |         |     | 0,90    | 132 |
| RDIE | Presión de prueba a 23 °C (73 °F)        |     |         |     |         |     |         |     |
| 5,3  | 2,86                                     | 415 | 2,28    | 330 | 1,83    | 265 | 3,51    | 508 |
| 7    | 2,28                                     | 330 | 1,83    | 265 | 1,45    | 210 | 2,76    | 400 |
| 9    | 1,83                                     | 265 | 1,45    | 210 | 1,14    | 165 | 2,20    | 320 |
| 11,5 | 1,45                                     | 210 | 1,14    | 165 |         |     | 1,76    | 256 |
| 15   | 1,14                                     | 165 |         |     |         |     | 1,38    | 200 |
| 19   |                                          |     |         |     |         |     | 1,10    | 160 |

Los esfuerzos en la fibra, empleados para obtener estas presiones son los que se establecen en la tabla 5.

**Tabla 5 - Esfuerzos en la fibra**

|                                       | a 38 °C (100 °F) |       | a 23 °C (73 °C) |       |
|---------------------------------------|------------------|-------|-----------------|-------|
|                                       | MPa              | psi   | MPa             | psi   |
| PE 3408                               | 9,10             | 1 320 | 11,2            | 1 600 |
| PE 2306, PE 2406,<br>PE 3306, PE 3406 | 7,38             | 1 070 | 9,10            | 1 320 |
| PE 2305                               | 5,86             | 850   | 7,24            | 1 050 |
| PE 1404                               | 3,93             | 570   | 5,65            | 820   |

#### 5.1.3.2 Presión de rotura

La presión mínima de rotura para las tuberías plásticas PE debe ser la que se establece en la tabla 6 y tabla 7, cuando se determina de acuerdo con el método establecido en la norma ASTM D 1599.

**Tabla 6 - Requisitos de presión mínima de rotura para agua a 23 °C (73 °F)**

| RDIE | PE2306<br>PE2406<br>PE3306<br>PE3406<br>PE3408 |     | PE2305 |     | PE 1404 |     |
|------|------------------------------------------------|-----|--------|-----|---------|-----|
|      | MPa                                            | psi | MPa    | psi | MPa     | psi |
| 5,3  | 5,52                                           | 800 | 4,34   | 630 | 2,76    | 400 |
| 7    | 4,34                                           | 630 | 3,45   | 500 | 2,21    | 320 |
| 9    | 3,45                                           | 500 | 2,76   | 400 | 1,72    | 250 |
| 11,5 | 2,76                                           | 400 | 2,21   | 320 |         |     |
| 15   | 2,21                                           | 320 |        |     |         |     |
| 19   | 1,73                                           | 252 |        |     |         |     |

Los esfuerzos en la fibra, empleadas para obtener estas presiones son los que se establecen en la tabla 7.

**Tabla 7 - Esfuerzos en la fibra a 23 °C (73 °F)**

|                                                | MPa   | psi   |
|------------------------------------------------|-------|-------|
| PE 2306, PE 2406, PE 3306,<br>PE 3406, PE 3408 | 17,37 | 2 520 |
| PE 2305                                        | 13,79 | 2 000 |
| PE 1404                                        | 8,62  | 1 250 |

### 5.1.3.3 Esfuerzo de agrietamiento ambiental

No debe presentarse pérdida de presión en la tubería cuando se realiza el ensayo de acuerdo con los criterios establecidos en 6.5.

### 5.1.3.4 Presión sostenida a temperatura elevada

El tiempo promedio para que falle la tubería, deberá ser igual o mayor que el mínimo promedio de horas (véase tabla 8) (considerando la tensión correspondiente a una categoría de tubería de ensayo) cuando la prueba se realiza de acuerdo a lo establecido (véase 6.6).

## 5.2 Uniones

Se registra en el Anexo A, detalles de las uniones y accesorios más utilizados para el PE.

## 6 MÉTODOS DE ENSAYO

### 6.1 Actividades preliminares y tipos de ensayo

#### 6.1.1 Actividades preliminares

##### 6.1.1.1 Acondicionamiento

En aquellos casos en los cuales sea necesario el acondicionamiento de los especímenes, éste debe realizarse a  $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  ( $73,4\text{ °F} \pm 3,6\text{ °F}$ ) antes de realizar el ensayo de acuerdo con el procedimiento A de los métodos indicados en la norma ASTM D 618.

### **6.1.1.2 Condiciones de ensayo**

A menos que se establezca otra cosa en los métodos de ensayo o en esta norma, se deben llevar a cabo los ensayos en las condiciones atmosféricas normalizadas de laboratorio, a una temperatura de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $73,4\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 3,6\text{ }^{\circ}\text{F}$ ).

### **6.1.1.3 Muestreo**

La selección de muestras se debe llevar a cabo previo acuerdo entre cliente y proveedor. En caso de que no exista un acuerdo previo, cualquier muestra seleccionada por parte del laboratorio que lleva a cabo el ensayo, debe tener características apropiadas.

### **6.1.1.4 Especímenes de ensayo**

Por lo menos 50 % de los especímenes requeridos para cualquier ensayo de presión, debe tener una parte del rotulado en su sección central. La sección central es aquella porción de la tubería que esta a una distancia mínima de un diámetro con respecto al extremo.

## **6.1.2 Tipos de ensayos**

De acuerdo a lo especificado, se establecen cinco (5) tipos de ensayos, a saber:

- ensayo de negro de humo.
- ensayo de densidad.
- ensayo de presión sostenida
- ensayo de esfuerzo de agrietamiento ambiental
- ensayo a temperatura elevada

## **6.2 Ensayo de negro de humo**

### **6.2.1 Resumen del método**

El ensayo se fundamenta en determinar para todas las tuberías, el porcentaje de negro de humo que contiene el compuesto de extrusión clase C, o para el caso de la capa externa de una tubería fabricada por medio de extrusión múltiple simultánea.

### **6.2.2 Muestreo**

El ensayo determina la obligación de realizar esta determinación en todas las tuberías, que contienen el compuesto de extrusión clase C.

### **6.2.3 Preparación de los especímenes**

No existe preparación de los especímenes.

### **6.2.4 Procedimiento**

Se determina por duplicado el contenido de negro de humo de acuerdo con los criterios indicados en la norma ASTM D 1603.

### **6.2.5 Interpretación de resultados**

El compuesto de extrusión para la tubería de PE Clase C debe tener por lo menos un 2 % de negro de humo.

## **6.3 Ensayo de densidad**

### **6.3.1 Resumen del método**

El ensayo se fundamenta en determinar la densidad en la resina base del PE, en el compuesto de la tubería.

### **6.3.2 Muestreo**

El ensayo determina que se deben tomar tres (3) especímenes.

### **6.3.3 Preparación de los especímenes**

No existe preparación de los especímenes.

### **6.3.4 Procedimiento**

La densidad del compuesto se determina para los tres (3) especímenes del muestreo, de acuerdo con el método indicado en la norma ASTM D 1505, o el método establecido en la norma ASTM D 792.

### **6.3.5 Interpretación de resultados**

#### **6.3.5.1 Densidad de la base, compuestos clase C**

El porcentaje en peso del negro de humo se determina de acuerdo con los métodos establecidos y se calcula la densidad de la resina base de PE (PE incoloro) de la composición de la tubería tal como sigue:

$$D_R = D_P - 0,0044 C$$

donde:

|       |                                                         |
|-------|---------------------------------------------------------|
| $D_R$ | Densidad de la resina, g/cm <sup>3</sup>                |
| $D_P$ | Densidad del compuesto de la tubería, g/cm <sup>3</sup> |
| C     | Porcentaje en peso del negro de humo.                   |

#### **6.3.5.2 Densidad de la base, compuestos clase B**

Los métodos empleados para determinar el porcentaje de pigmento en los compuestos Clase B y su efecto sobre la densidad varía de acuerdo con el pigmento tipo. Se debe consultar al fabricante del compuesto de la tubería acerca del procedimiento que va a emplearse para determinar la densidad de la base de los compuestos específicos.

## **6.4 Ensayo de presión sostenida (ensayo tipo)**

### **6.4.1 Resumen del método**

En el ensayo de presión sostenida, se determina la capacidad de la tubería de soportar presiones de prueba a dos (2) tipos de temperaturas, los valores de la presión se determinan en función del RDIE y tipo de material.

### **6.4.2 Muestreo**

El muestreo se realiza de acuerdo a lo establecido en 6.1.1.3.

### **6.4.3 Preparación de los especímenes**

De la muestra, se seleccionan al azar doce (12) especímenes de ensayo.

#### **6.4.4 Procedimiento**

Se someten a ensayo en forma individual los doce (12) especímenes, con agua, a dos (2) niveles controlados de temperatura bajo las presiones establecidas en la tabla 4.

Cada espécimen debe tener una longitud de por lo menos diez (10) veces su diámetro nominal, pero no inferior a 250 mm (10 plg) ni mayor de 1 000 mm (3 pies) de modo que el rotulado permanente quede en el espécimen.

Se someten a prueba seis especímenes para cada temperatura.

Se mantienen los especímenes a las presiones indicadas para la temperatura apropiada por un período de 1 000 h.

Se sostiene la presión en  $\pm 70$  kPa ( $\pm 10$  psi). Se acondicionan los especímenes durante un período de por lo menos 2 h hasta  $\pm 2$  °C de las temperaturas de ensayo especificadas.

Se mantiene la temperatura del ensayo dentro de  $\pm 2$  °C de la temperatura especificada. Se lleva a cabo el ensayo de acuerdo con ASTM D 1598, con excepción de utilizar la presión con los valores que se establecen en la tabla 4 durante 1 000 h.

#### **6.4.5 Interpretación de resultados**

Los especímenes deben poder cumplir la presión establecida, dentro de los plazos acordados para este tipo de material, caso contrario se realiza el reensayo.

La falla de dos (2) de los seis (6) especímenes sometidos a ensayo a cualquiera de las dos (2) temperaturas constituye falla en el ensayo. La falla de uno (1) de los seis (6) especímenes ensayados a cualquier temperatura origina el reensayo de seis (6) especímenes adicionales a esa temperatura. La falla de uno (1) de los seis (6) especímenes reensayados a cualquier temperatura constituye falla en el ensayo.

La falla de la tubería debe definirse tal como se tiene especificado (véase ASTM D 1598):

##### **6.4.5.1 Falla**

Cualquier pérdida continua de presión originada en la transmisión del líquido de prueba a lo largo del cuerpo del espécimen sometido a ensayo.

##### **6.4.5.2 Englobamiento**

Cualquier expansión anormal localizada de un espécimen mientras se encuentre sometido a la presión hidráulica interna.

##### **6.4.5.3 Rotura**

Falla por rompimiento en la tubería con pérdida inmediata del líquido de ensayo y pérdida continuada para un valor nulo de presión.

#### **6.4.5.4 Filtración o goteo**

Falla que se presenta a través de fisuras microscópicas en la pared de la tubería, con frecuencia solo a valores cercanos a la presión de ensayo. A presiones inferiores la tubería puede transportar líquidos sin que se evidencie pérdida de líquido.

### **6.5 Ensayo de esfuerzo de agrietamiento ambiental**

#### **6.5.1 Resumen del método**

En el ensayo de esfuerzo de agrietamiento ambiental, se determina la capacidad de la tubería de soportar presiones cuando se encuentra sumergida en agua.

#### **6.5.2 Muestreo**

El muestreo se realiza de acuerdo a lo establecido en 6.1.1.3.

#### **6.5.3 Preparación de los especímenes**

De la muestra, se seleccionan al azar seis (6) especímenes de ensayo.

#### **6.5.4 Procedimiento**

Se seleccionan al azar seis (6) especímenes que tengan una longitud de 250 mm (10 plg) y que incluyen el rotulado permanente.

Se conecta uno de los extremos de cada espécimen a un manómetro con un margen de 400 psi y el otro extremo a una corriente de aire o nitrógeno a través de una válvula apropiada. Se someten los especímenes a las presiones que se indican en la tabla 4 para una temperatura de 23 °C, se cierra la válvula, y se desconecta de tal manera que la presión se retenga dentro del espécimen. Se aplica suficiente presión en exceso del valor indicado para compensar la pérdida de presión que se presenta durante la desconexión de la fuente de presión.

Mediante inmersión en agua se verifica que no se presenten fugas. En caso dado se eliminan las fugas o se sustituyen los especímenes por unos que no presenten fugas. Se tiene cuidado de secar completamente el espécimen de ensayo después de la inmersión. Se aplica un recubrimiento de nonilfenoxipoli (etilenoxi) etanol a la superficie de la tubería con una brocha. Se debe tener cuidado de mantener el agente humectante por lo menos 12 mm (0,5 plg) lejos de las mordazas empleadas en cada uno de los extremos de la tubería.

Se emplea un reactivo nuevo para cada ensayo y se tiene cuidado de almacenar el reactivo en recipientes cerrados debido a que es higroscópico.

#### **6.5.5 Interpretación de resultados**

Se mantiene el conjunto de la tubería recubierta a la temperatura ambiente durante un período de 3 h y luego se examina.

No debe existir pérdida de presión al menos en cuatro (4) de los seis (6) especímenes. Se descartan los especímenes que presentaron fuga en la conexión y se lleva a cabo un nuevo ensayo.

La pérdida de presión originada en la expansión de la tubería no debe ser causa de rechazo.



## 6.6 Ensayo a temperatura elevada

### 6.6.1 Resumen del método

El ensayo a temperatura elevada se aplica a tuberías, a las que se determina su categoría en base a su índice de fusión y la densidad de la resina base, su categoría.

Con la categoría y el esfuerzo hidrostático, se determina la cantidad de horas que se debe someter a las tuberías a la presión de agua.

### 6.6.2 Muestreo

El muestreo se realiza de acuerdo a lo establecido en 6.1.1.3.

### 6.6.3 Preparación de los especímenes

De la muestra, se seleccionan al azar tres (3) especímenes de ensayo.

### 6.6.4 Procedimiento

#### 6.6.4.1 Determinación de categoría

En la tabla 8 se determina la categoría de la tubería para el ensayo para un material dado.

El índice de fusión de la resina base se determina de acuerdo con la norma ASTM D 1238 mientras que la densidad de la resina base se determina de acuerdo con el método indicado en la norma ASTM D 1505.

**Tabla 8 - Cantidad de horas que debe soportar la tubería  
la presión sostenida a 80 °C (176 °F)**

| Categoría de tubería de ensayo | Índice de fusión de la resina base ASTM D 1238 g/10min | Densidad de la resina base ASTM D 1505 g/cm <sup>3</sup> | Mínimo promedio de horas para la falla |                     |                     |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|---------------------|
|                                |                                                        |                                                          | S = 5 MPa (725 psi)                    | S = 4 MPa (580 psi) | S = 3 MPa (435 psi) |
| C1                             | < 0,05                                                 | 0,941 – 0,948                                            | 100                                    | 200                 |                     |
| C2                             | < 0,05                                                 | 0,935 – 0,940                                            | 100                                    | 200                 |                     |
| C3                             | 0,05 – 0,25                                            | 0,941 – 0,948                                            | 60                                     | 150                 |                     |
| C4                             | 0,05 – 0,25                                            | 0,935 – 0,940                                            | 60                                     | 150                 |                     |
| C5                             | > 0,25                                                 | 0,941 – 0,948                                            | 45                                     | 100                 |                     |
| C6                             | > 0,25                                                 | 0,935 – 0,940                                            | 45                                     | 100                 |                     |
| C7                             | > 0,50                                                 | 0,926 – 0,940                                            |                                        | 80                  | 150                 |

En la tabla 8:

- C1 a C7 Categoría de la tubería, el proveedor determina la categoría adecuada de la tubería según sus características.
- S Esfuerzo hidrostático, MPa (psi)

Para tuberías con diámetro interior determinado, se calcula la presión interna mediante:

$$P = \frac{2 S}{\frac{D_i}{t} + 1}$$

Para tuberías con diámetro exterior determinado, se calcula la presión interna mediante:

$$P = \frac{2 S}{\frac{D_e}{t} + 1}$$

donde:

$D_e$  Diámetro exterior promedio de la tubería, en mm (plg).

#### NOTA

Las categorías para la tubería de agua con densidades de resina inferiores a 0,926 g/cm<sup>3</sup> o superiores a 0,948 g/cm<sup>3</sup> se deben adicionar cuando se disponga de los datos correspondientes.

#### 6.6.4.2 Proceso

Se someten los tres especímenes de ensayo a una temperatura de 80 °C (176 °F) y a un esfuerzo hidrostático (S) establecido en la tabla 1, en función de la categoría de la tubería dada de acuerdo con la norma ASTM D 1598.

Se emplea agua como medio de ensayo interno.

#### 6.6.5 Interpretación de resultados

Por lo menos dos (2) de los especímenes deben satisfacer o exceder el mínimo de horas promedio especificado.

#### 6.7 Repetición de pruebas

Si los resultados de un ensayo no satisfacen los requisitos de esta norma, el ensayo se debe realizar nuevamente previo acuerdo entre el cliente y el proveedor. No debe existir ninguna decisión que disminuya los requisitos mínimos de la norma mediante la omisión de ensayos que sean parte de la misma, la sustitución o modificación de un método de ensayo o el cambio en las especificaciones límites. Al realizar el reensayo los requisitos en esta norma se deben satisfacer y se deben respetar los métodos de ensayo diseñados.

#### 6.8 Rechazo

Si en la realización de un reensayo, se presenta falla, todo el lote representado por la muestra, debe ser rechazado.

## **7 INSPECCIONES Y CERTIFICACIONES**

### **7.1 Inspección**

El proveedor puede realizar inspecciones a la fábrica, tanto en el proceso de fabricación, transporte y carguío para verificar el cumplimiento de lo establecido por el fabricante.

### **7.2 Certificado de cumplimiento o análisis certificado**

El comprador puede solicitarle al fabricante o al vendedor un certificado de cumplimiento, donde se establezca que el material suministrado se encuentra bajo la orden de compra establecida y que cumple con todos los requisitos de esta norma.

## **8 MARCADO Y ROTULADO**

### **8.1 Marcado y rotulado**

El marcado y rotulado de la tubería debe incluir los siguientes datos, espaciados a intervalos no superiores a 1,5 m (5 pies) a lo largo de la tubería:

- Tamaño nominal de la tubería (por ejemplo, 2 plg).
- Tipo de material plástico de la tubería de acuerdo con el código de designación que se indica en 3.5 (por ejemplo PE 2305).
- La relación dimensional estándar de la tubería termoplástica, de acuerdo con el código de designación establecido (véase 4.2), (por ejemplo RDIE 9), o la presión nominal en lb/plg<sup>2</sup> para agua a 23 °C (73,4 °F) (por ejemplo: 100 psi) excepto cuando se destine para aplicación a presión, en tal caso se debe indicar la presión nominal (por ejemplo: 100 psi). Cuando la presión nominal es menor a la calculada de acuerdo con 3.3.4.2 y 4.3 también se debe incluir la asignación del RDIE.
- Referencia a esta norma.
- Nombre del fabricante (o marca de fábrica) y código.
- Las tuberías destinadas al transporte de agua potable también deben incluir el sello o marca del laboratorio que lleva a cabo la evaluación para este propósito, espaciado a intervalos especificados por el laboratorio, o en su defecto poseer la certificación respectiva.

#### **NOTA**

Los fabricantes que hacen uso del sello o marca de un laboratorio deben obtener previa autorización del mismo.

- Categoría de la tubería de ensayo de acuerdo con lo establecido en la tabla 1.

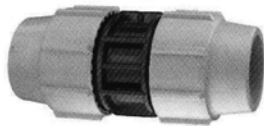
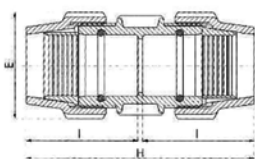
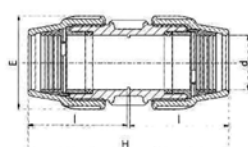
## **Anexo A (Informativo)**

### **Detalle de tuberías, uniones y accesorios más utilizados**

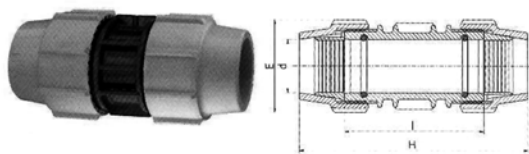
Se adjunta el detalle de las tuberías, uniones y accesorios más utilizados en polietileno (PE).

Se recomienda que las tuberías sean de diferente color según su aplicación, en caso que no sean de colores diferentes, se puede aplicar códigos de colores en el rotulado.



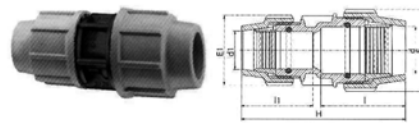
| Tuberías y accesorios                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                     | Dimensión<br>mm                                                                                                                                                            | Unidad | Cantidad<br>m |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------|-----|------|---|---------|----|-----|----|----|-----|----|---------|----|-----|----|----|-----|----|---------|----|-----|----|----|-----|-----|---------|----|-----|----|---|-----|-----|---------|----|-----|----|---|----|-----|---------|----|-----|----|---|----|-----|---------|-----|-----|-----|---|----|-----|-----------|-----|-----|-----|---|---|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|-------|---|---|---|----|----|---|---------|-----|-----|-----|---|----|------|---------|-----|-----|-----|---|---|------|-----------|-----|-----|-----|---|---|------|
| Tubería de PEAD Presión PN16<br>Con coextrusión con 4 líneas azules                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    | 20                                                                                                                                                                         | rollo  | 200           |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 25                                                                                                                                                                         | rollo  | 100           |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 32                                                                                                                                                                         | rollo  | 100           |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 40                                                                                                                                                                         | rollo  | 100           |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 50                                                                                                                                                                         | rollo  | 50            |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |        |               |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
| Tubería de PEAD Presión PN16<br>Sin coextrusión                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    | 20                                                                                                                                                                         | rollo  | 200           |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 25                                                                                                                                                                         | rollo  | 100           |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 32                                                                                                                                                                         | rollo  | 100           |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 40                                                                                                                                                                         | rollo  | 100           |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 50                                                                                                                                                                         | rollo  | 50            |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |        |               |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
| Tubería de PEAD ASTM (politubo)<br>Sin coextrusión                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |    | 1/2                                                                                                                                                                        | rollo  | 100           |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 3/4                                                                                                                                                                        | rollo  | 100           |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 1                                                                                                                                                                          | rollo  | 100           |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 1.1/2                                                                                                                                                                      | rollo  | 50            |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 2                                                                                                                                                                          | rollo  | 50            |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 2.1/2                                                                                                                                                                      | rollo  | 50            |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 3                                                                                                                                                                          | rollo  | 50            |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 4                                                                                                                                                                          | barra  | 6             |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 6                                                                                                                                                                          | barra  | 6             |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |        |               |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
| Cupla                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  | 20                                                                                                                                                                         | pieza  | 1             |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 25                                                                                                                                                                         | pieza  | 1             |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 32                                                                                                                                                                         | pieza  | 1             |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 40                                                                                                                                                                         | pieza  | 1             |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     | 50                                                                                                                                                                         | pieza  | 1             |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |        |               |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
| Accesorios                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |        |               |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
| Accesorios de compresión                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                     |                                                                                                                                                                            |        |               |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
| Enlace recto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     | Enlace recto (01)                                                                                                                                                          |        |               |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                     |   |        |               |     |      |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
| <table><tr><th>d x d</th><th>E</th><th>H</th><th>I</th><th>UB</th><th>UC</th><th>W</th></tr><tr><td>16 x 16</td><td>39</td><td>105</td><td>50</td><td>10</td><td>400</td><td>52</td></tr><tr><td>20 x 20</td><td>48</td><td>121</td><td>58</td><td>10</td><td>200</td><td>93</td></tr><tr><td>25 x 25</td><td>54</td><td>125</td><td>60</td><td>10</td><td>180</td><td>120</td></tr><tr><td>32 x 32</td><td>64</td><td>145</td><td>70</td><td>5</td><td>100</td><td>190</td></tr><tr><td>40 x 40</td><td>82</td><td>177</td><td>86</td><td>—</td><td>75</td><td>328</td></tr><tr><td>50 x 50</td><td>96</td><td>201</td><td>98</td><td>—</td><td>45</td><td>475</td></tr><tr><td>63 x 63</td><td>113</td><td>230</td><td>112</td><td>—</td><td>30</td><td>724</td></tr><tr><td>125 x 125</td><td>212</td><td>460</td><td>225</td><td>—</td><td>3</td><td>5266</td></tr></table> | d x d                                                                               | E                                                                                                                                                                          | H      | I             | UB  | UC   | W | 16 x 16 | 39 | 105 | 50 | 10 | 400 | 52 | 20 x 20 | 48 | 121 | 58 | 10 | 200 | 93 | 25 x 25 | 54 | 125 | 60 | 10 | 180 | 120 | 32 x 32 | 64 | 145 | 70 | 5 | 100 | 190 | 40 x 40 | 82 | 177 | 86 | — | 75 | 328 | 50 x 50 | 96 | 201 | 98 | — | 45 | 475 | 63 x 63 | 113 | 230 | 112 | — | 30 | 724 | 125 x 125 | 212 | 460 | 225 | — | 3 | 5266 | <table><tr><th>d x d</th><th>E</th><th>H</th><th>I</th><th>UB</th><th>UC</th><th>W</th></tr><tr><td>75 x 75</td><td>132</td><td>281</td><td>139</td><td>—</td><td>16</td><td>1251</td></tr><tr><td>90 x 90</td><td>152</td><td>323</td><td>160</td><td>—</td><td>9</td><td>1893</td></tr><tr><td>110 x 110</td><td>181</td><td>393</td><td>195</td><td>—</td><td>5</td><td>3303</td></tr></table> |  |  | d x d | E | H | I | UB | UC | W | 75 x 75 | 132 | 281 | 139 | — | 16 | 1251 | 90 x 90 | 152 | 323 | 160 | — | 9 | 1893 | 110 x 110 | 181 | 393 | 195 | — | 5 | 3303 |
| d x d                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | E                                                                                   | H                                                                                                                                                                          | I      | UB            | UC  | W    |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
| 16 x 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 39                                                                                  | 105                                                                                                                                                                        | 50     | 10            | 400 | 52   |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
| 20 x 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 48                                                                                  | 121                                                                                                                                                                        | 58     | 10            | 200 | 93   |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
| 25 x 25                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 54                                                                                  | 125                                                                                                                                                                        | 60     | 10            | 180 | 120  |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
| 32 x 32                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 64                                                                                  | 145                                                                                                                                                                        | 70     | 5             | 100 | 190  |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
| 40 x 40                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 82                                                                                  | 177                                                                                                                                                                        | 86     | —             | 75  | 328  |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
| 50 x 50                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 96                                                                                  | 201                                                                                                                                                                        | 98     | —             | 45  | 475  |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
| 63 x 63                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 113                                                                                 | 230                                                                                                                                                                        | 112    | —             | 30  | 724  |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
| 125 x 125                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 212                                                                                 | 460                                                                                                                                                                        | 225    | —             | 3   | 5266 |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
| d x d                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | E                                                                                   | H                                                                                                                                                                          | I      | UB            | UC  | W    |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
| 75 x 75                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 132                                                                                 | 281                                                                                                                                                                        | 139    | —             | 16  | 1251 |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
| 90 x 90                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 152                                                                                 | 323                                                                                                                                                                        | 160    | —             | 9   | 1893 |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |
| 110 x 110                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 181                                                                                 | 393                                                                                                                                                                        | 195    | —             | 5   | 3303 |   |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |    |         |    |     |    |    |     |     |         |    |     |    |   |     |     |         |    |     |    |   |    |     |         |    |     |    |   |    |     |         |     |     |     |   |    |     |           |     |     |     |   |   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |       |   |   |   |    |    |   |         |     |     |     |   |    |      |         |     |     |     |   |   |      |           |     |     |     |   |   |      |

## Enlace recto reparador



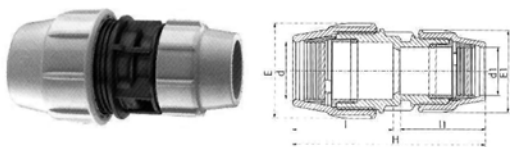
| d x d     | E   | H   | I   | UB | UC  | W    |
|-----------|-----|-----|-----|----|-----|------|
| 20 x 20   | 48  | 121 | 78  | 10 | 240 | 92   |
| 25 x 25   | 54  | 134 | 90  | 10 | 150 | 120  |
| 32 x 32   | 64  | 173 | 119 | 5  | 80  | 190  |
| 40 x 40   | 82  | 216 | 149 | —  | 55  | 376  |
| 50 x 50   | 96  | 244 | 158 | —  | 44  | 534  |
| 63 x 63   | 113 | 270 | 170 | —  | 24  | 825  |
| 125 x 125 | 212 | 460 | 265 | —  | 3   | 5250 |

## Enlace recto reductor



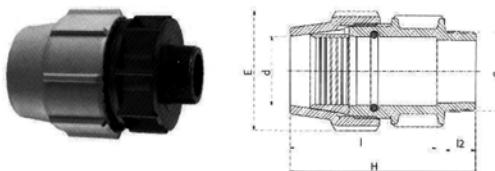
| d x d1  | E   | EI | H   | I   | II | UB | UC  | W   |
|---------|-----|----|-----|-----|----|----|-----|-----|
| 20 x 16 | 48  | 39 | 111 | 56  | 50 | 10 | 300 | 74  |
| 25 x 16 | 54  | 39 | 120 | 55  | 50 | 10 | 220 | 88  |
| 25 x 20 | 54  | 48 | 119 | 60  | 54 | 10 | 200 | 104 |
| 32 x 20 | 64  | 48 | 135 | 62  | 53 | 5  | 150 | 142 |
| 32 x 25 | 64  | 54 | 131 | 66  | 57 | 5  | 120 | 154 |
| 40 x 25 | 82  | 54 | 155 | 81  | 60 | —  | 90  | 230 |
| 40 x 32 | 82  | 64 | 155 | 81  | 66 | —  | 90  | 255 |
| 50 x 25 | 96  | 54 | 176 | 93  | 59 | —  | 70  | 300 |
| 50 x 32 | 96  | 64 | 173 | 97  | 61 | —  | 70  | 341 |
| 50 x 40 | 96  | 82 | 182 | 92  | 82 | —  | 60  | 400 |
| 63 x 25 | 113 | 54 | 187 | 108 | 50 | —  | 50  | 461 |
| 63 x 32 | 113 | 64 | 199 | 110 | 64 | —  | 45  | 486 |
| 63 x 40 | 113 | 82 | 209 | 110 | 82 | —  | 40  | 546 |
| 63 x 50 | 113 | 96 | 215 | 110 | 95 | —  | 36  | 587 |

## Enlace recto reductor



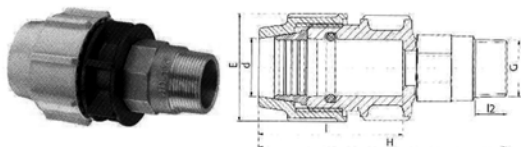
| d x d1   | E   | EI  | H   | I   | II  | UB | UC | W    |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|------|
| 75 x 50  | 132 | 96  | 251 | 138 | 98  | —  | 22 | 894  |
| 75 x 63  | 132 | 113 | 255 | 138 | 110 | —  | 18 | 966  |
| 90 x 63  | 152 | 113 | 282 | 152 | 110 | —  | 12 | 1368 |
| 90 x 75  | 152 | 132 | 311 | 156 | 140 | —  | 12 | 1608 |
| 110 x 90 | 181 | 152 | 377 | 195 | 162 | —  | 8  | 2715 |

## Enlace mixto rosca - espiga



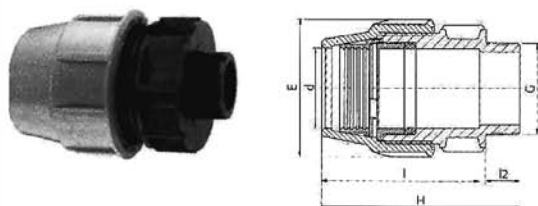
| d x G       | E   | H   | I   | I2 | UB | UC  | W   |
|-------------|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|
| 16 x 3/8"   | 32  | 73  | 59  | 13 | 10 | 600 | 33  |
| 16 x 1/2"   | 39  | 79  | 59  | 16 | 10 | 500 | 34  |
| 16 x 3/4"   | 39  | 80  | 59  | 17 | 10 | 500 | 35  |
| 20 x 1/2"   | 48  | 91  | 70  | 17 | 10 | 350 | 60  |
| 20 x 3/4"   | 48  | 92  | 70  | 18 | 10 | 350 | 62  |
| 20 x 1"     | 48  | 88  | 53  | 20 | 10 | 350 | 60  |
| 25 x 1/2"   | 54  | 95  | 72  | 17 | 10 | 250 | 68  |
| 25 x 3/4"   | 54  | 95  | 72  | 18 | 10 | 250 | 76  |
| "25 x 1"    | 54  | 96  | 72  | 20 | 10 | 250 | 79  |
| 32 x 3/4"   | 64  | 104 | 82  | 18 | 5  | 150 | 107 |
| 32 x 1"     | 64  | 106 | 82  | 20 | 5  | 150 | 122 |
| 32 x 1 1/4" | 64  | 110 | 82  | 22 | 5  | 150 | 114 |
| 32 x 1 1/2" | 64  | 111 | 82  | 22 | 5  | 140 | 126 |
| 40 x 1"     | 82  | 114 | 86  | 20 | —  | 110 | 191 |
| 40 x 1 1/4" | 82  | 116 | 88  | 22 | —  | 110 | 192 |
| 40 x 1 1/2" | 82  | 119 | 91  | 22 | —  | 100 | 198 |
| 40 x 2"     | 82  | 121 | 91  | 26 | —  | 100 | 208 |
| 50 x 1"     | 96  | 130 | 105 | 20 | —  | 70  | 265 |
| 50 x 1 1/4" | 96  | 132 | 113 | 22 | —  | 70  | 265 |
| 50 x 1 1/2" | 96  | 135 | 107 | 22 | —  | 70  | 276 |
| 50 x 2"     | 96  | 139 | 107 | 26 | —  | 65  | 283 |
| 63 x 1 1/4" | 113 | 154 | 125 | 22 | —  | 48  | 405 |
| 63 x 1 1/2" | 113 | 152 | 124 | 22 | —  | 48  | 473 |
| 63 x 2"     | 113 | 167 | 134 | 26 | —  | 48  | 461 |
| 63 x 2 1/2" | 113 | 158 | 122 | 29 | —  | 45  | 423 |

## Enlace mixto rosca - espiga de latón



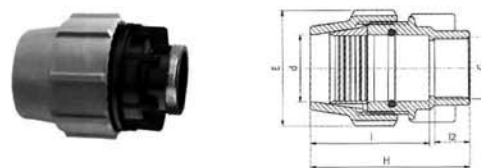
| d x G       | E   | H   | I   | I2 | UB | UC  | W   |
|-------------|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|
| 32 x 1"     | 64  | 141 | 82  | 20 | 1  | 100 | 260 |
| 32 x 1 1/2" | 64  | 141 | 82  | 22 | 1  | 100 | 295 |
| 32 x 1 1/2" | 64  | 141 | 82  | 20 | 1  | 100 | 320 |
| 40 x 1"     | 82  | 147 | 86  | 20 | 1  | 65  | 390 |
| 40 x 1 1/4" | 82  | 150 | 86  | 22 | 1  | 65  | 405 |
| 40 x 1 1/2" | 82  | 147 | 86  | 22 | 1  | 65  | 410 |
| 50 x 1"     | 96  | 163 | 101 | 20 | 1  | 45  | 515 |
| 50 x 1 1/4" | 96  | 168 | 101 | 22 | 1  | 45  | 545 |
| 50 x 1 1/2" | 96  | 168 | 101 | 22 | 1  | 45  | 545 |
| 63 x 1 1/4" | 113 | 187 | 124 | 26 | 1  | 30  | 820 |
| 63 x 1 1/2" | 113 | 189 | 124 | 26 | 1  | 30  | 830 |
| 63 x 2"     | 113 | 193 | 124 | 26 | 1  | 30  | 855 |

## Enlace mixto rosca - espiga



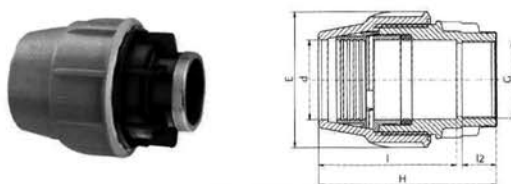
| d x G       | E   | H   | I   | I2 | UB | UC | W    |
|-------------|-----|-----|-----|----|----|----|------|
| 75 x 2"     | 132 | 188 | 154 | 26 | —  | 28 | 737  |
| 75 x 2 1/2" | 132 | 191 | 154 | 29 | —  | 28 | 752  |
| 75 x 3"     | 132 | 195 | 154 | 33 | —  | 25 | 751  |
| 90 x 2"     | 152 | 240 | 162 | 26 | —  | 16 | 1103 |
| 90 x 2 1/2" | 152 | 233 | 160 | 29 | —  | 16 | 1097 |
| 90 x 3"     | 152 | 230 | 163 | 33 | —  | 16 | 1090 |
| 90 x 4"     | 152 | 223 | 181 | 38 | —  | 14 | 1131 |
| 110 x 2"    | 181 | 263 | 215 | 26 | —  | 8  | 1929 |
| 110 x 3"    | 181 | 258 | 215 | 33 | —  | 8  | 1929 |
| 110 x 4"    | 181 | 267 | 215 | 42 | —  | 8  | 1940 |

## Enlace mixto rosca - campana



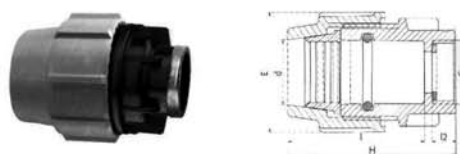
| d x G       | E   | H   | I   | I2 | UB | UC  | W   |
|-------------|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|
| 16 x 1/2"   | 39  | 77  | 55  | 19 | 10 | 500 | 40  |
| 16 x 3/4"   | 39  | 79  | 56  | 19 | 10 | 500 | 36  |
| 20 x 1/2"   | 48  | 82  | 59  | 19 | 10 | 350 | 60  |
| 20 x 3/4"   | 48  | 82  | 59  | 19 | 10 | 350 | 58  |
| 20 x 1"     | 48  | 92  | 57  | 21 | 10 | 300 | 68  |
| 25 x 3/4"   | 54  | 89  | 64  | 21 | 10 | 250 | 83  |
| 25 x 1"     | 54  | 89  | 64  | 21 | 10 | 250 | 87  |
| 32 x 3/4"   | 64  | 85  | 63  | 19 | 5  | 150 | 107 |
| 32 x 1"     | 64  | 93  | 67  | 21 | 5  | 150 | 115 |
| 32 x 1 1/4" | 64  | 95  | 66  | 25 | 5  | 140 | 140 |
| 40 x 1"     | 82  | 109 | 83  | 21 | —  | 110 | 178 |
| 40 x 1 1/4" | 82  | 107 | 77  | 25 | —  | 110 | 202 |
| 40 x 1 1/2" | 82  | 115 | 85  | 25 | —  | 100 | 225 |
| 50 x 1 1/4" | 96  | 120 | 89  | 25 | —  | 75  | 275 |
| 50 x 1 1/2" | 96  | 126 | 93  | 25 | —  | 70  | 287 |
| 50 x 2"     | 96  | 129 | 94  | 30 | —  | 70  | 293 |
| 63 x 1 1/4" | 113 | 148 | 119 | 25 | —  | 48  | 417 |
| 63 x 1 1/2" | 113 | 148 | 119 | 25 | —  | 48  | 420 |
| 63 x 2"     | 113 | 145 | 119 | 30 | —  | 48  | 431 |

## Enlace mixto rosca - campana



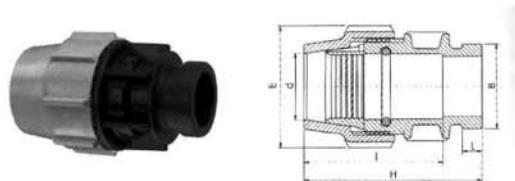
| d x G       | E   | H   | I   | I2 | UB | UC | W    |
|-------------|-----|-----|-----|----|----|----|------|
| 75 x 2"     | 132 | 193 | 135 | 30 | —  | 27 | 692  |
| 75 x 2 1/2" | 132 | 176 | 135 | 33 | —  | 27 | 730  |
| 90 x 2"     | 152 | 203 | 168 | 35 | —  | 14 | 1130 |
| 90 x 3"     | 152 | 223 | 184 | 39 | —  | 14 | 1196 |
| 90 x 4"     | 152 | 244 | 184 | 43 | —  | 12 | 1426 |
| 110 x 3"    | 180 | 263 | 215 | 39 | —  | 8  | 2003 |
| 110 x 4"    | 180 | 275 | 215 | 46 | —  | 8  | 2132 |

## Enlace mixto rosca - campana



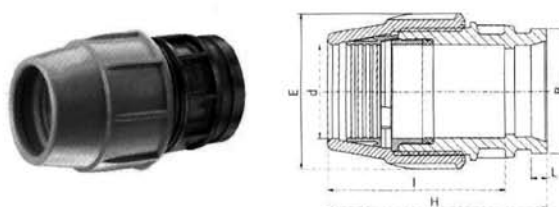
| d x G     | E  | H  | I  | I2 | UB | UC  | W   |
|-----------|----|----|----|----|----|-----|-----|
| 25 x 3/4" | 54 | 89 | 64 | 12 | 10 | 250 | 83  |
| 25 x 1"   | 54 | 89 | 64 | 14 | 10 | 250 | 78  |
| 32 x 1"   | 64 | 85 | 69 | 14 | 5  | 150 | 115 |

## Adaptador



| D x d   | E   | I   | L  | H   | B  | UB | UC | W   |
|---------|-----|-----|----|-----|----|----|----|-----|
| 50 x 2" | 96  | 108 | 16 | 138 | 67 | —  | 65 | 292 |
| 63 x 2" | 113 | 109 | 16 | 170 | 67 | —  | 45 | 437 |

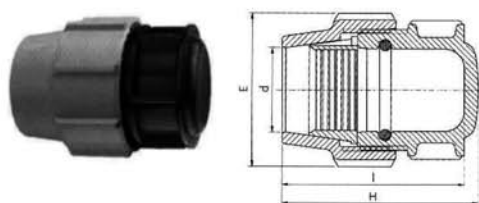
## Adaptador



| D x d    | E     | I   | L  | H   | B   | UB | UC | W    |
|----------|-------|-----|----|-----|-----|----|----|------|
| 90 x 4"  | 152   | 183 | 16 | 225 | 123 | —  | 14 | 1250 |
| 110 x 4" | 180.5 | 215 | 16 | 257 | 123 | —  | 8  | 1964 |

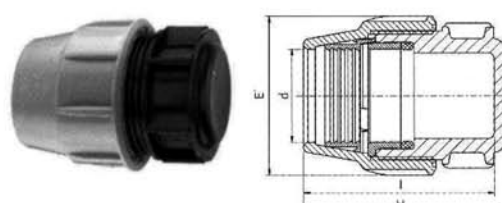


## Tapón



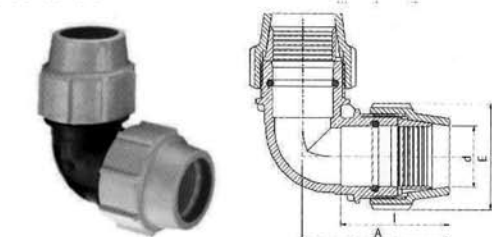
| d  | E   | I   | H   | UB | UC  | W   |
|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| 25 | 54  | 76  | 82  | 10 | 250 | 75  |
| 32 | 64  | 81  | 87  | 5  | 180 | 108 |
| 40 | 82  | 88  | 98  | —  | 110 | 192 |
| 50 | 96  | 109 | 116 | —  | 75  | 269 |
| 63 | 113 | 133 | 140 | —  | 45  | 410 |

## Tapón



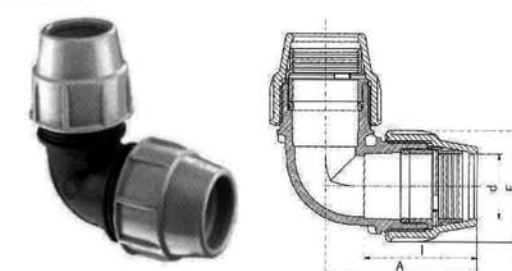
| d   | E   | I   | H   | UB | UC | W    |
|-----|-----|-----|-----|----|----|------|
| 75  | 132 | 161 | 171 | —  | 28 | 740  |
| 90  | 152 | 198 | 207 | —  | 16 | 1088 |
| 110 | 181 | 215 | 233 | —  | 10 | 1920 |

## Codo de 90°



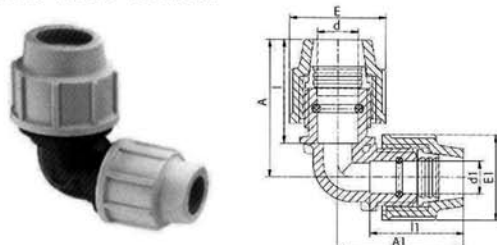
| d x d   | E   | I   | A   | UB | UC  | W   |
|---------|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| 16 x 16 | 39  | 51  | 64  | 10 | 400 | 57  |
| 20 x 20 | 48  | 54  | 73  | 10 | 200 | 102 |
| 25 x 25 | 54  | 57  | 76  | 10 | 150 | 126 |
| 32 x 32 | 64  | 66  | 92  | 5  | 100 | 202 |
| 40 x 40 | 82  | 83  | 109 | —  | 60  | 356 |
| 50 x 50 | 96  | 93  | 123 | —  | 35  | 514 |
| 63 x 63 | 113 | 110 | 151 | —  | 24  | 796 |

## Codo de 90°



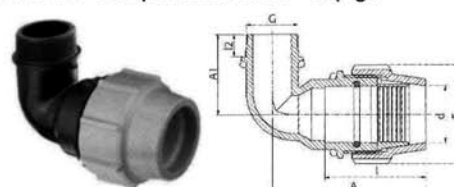
| d x d     | E   | I   | A   | UB | UC | W    |
|-----------|-----|-----|-----|----|----|------|
| 75 x 75   | 132 | 135 | 179 | —  | 12 | 1362 |
| 90 x 90   | 152 | 163 | 218 | —  | 8  | 2171 |
| 110 x 110 | 181 | 196 | 294 | —  | 4  | 3997 |

## Codo de 90° reductor



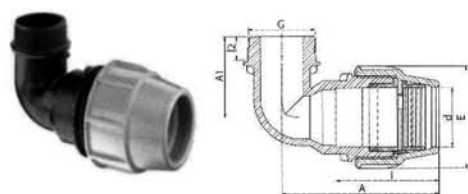
| d x d1  | E  | E1 | I  | I1 | A  | A1 | UB | UC  | W   |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| 25 x 20 | 54 | 48 | 57 | 56 | 86 | 81 | 10 | 180 | 114 |

## Codo de 90° compresión rosca - espiga



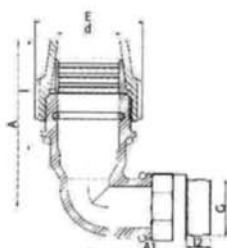
| d x G       | E   | I   | I2 | A   | A1 | UB | UC  | W   |
|-------------|-----|-----|----|-----|----|----|-----|-----|
| 20 x 1/2"   | 48  | 52  | 17 | 69  | 41 | 10 | 320 | 67  |
| 20 x 3/4"   | 48  | 57  | 18 | 76  | 43 | 10 | 300 | 64  |
| 25 x 1/2"   | 54  | 57  | 17 | 88  | 47 | 10 | 240 | 73  |
| 25 x 3/4"   | 54  | 57  | 18 | 89  | 48 | 10 | 240 | 80  |
| 25 x 1"     | 54  | 52  | 20 | 84  | 52 | 10 | 240 | 90  |
| 32 x 1"     | 64  | 66  | 20 | 103 | 58 | 5  | 140 | 128 |
| 32 x 1 1/4" | 64  | 66  | 20 | 103 | 58 | 5  | 140 | 135 |
| 40 x 1"     | 82  | 82  | 20 | 127 | 69 | —  | 90  | 240 |
| 40 x 1 1/4" | 82  | 82  | 22 | 127 | 71 | —  | 90  | 233 |
| 40 x 1 1/2" | 82  | 82  | 22 | 127 | 71 | —  | 80  | 241 |
| 50 x 1"     | 96  | 94  | 20 | 141 | 71 | —  | 55  | 290 |
| 50 x 1 1/4" | 96  | 94  | 22 | 145 | 77 | —  | 55  | 334 |
| 50 x 1 1/2" | 96  | 94  | 22 | 145 | 77 | —  | 55  | 331 |
| 63 x 1 1/4" | 113 | 110 | 22 | 170 | 77 | —  | 35  | 451 |
| 63 x 1 1/2" | 113 | 110 | 22 | 170 | 77 | —  | 35  | 515 |
| 63 x 2"     | 113 | 110 | 26 | 170 | 92 | —  | 35  | 518 |

## Codo de 90° compresión rosca - espiga



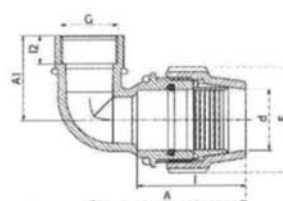
| d x G       | E   | I   | I2 | A   | A1  | UB | UC | W    |
|-------------|-----|-----|----|-----|-----|----|----|------|
| 75 x 2 1/2" | 132 | 136 | 30 | 206 | 105 | —  | 18 | 886  |
| 75 x 3"     | 132 | 136 | 33 | 206 | 110 | —  | 18 | 934  |
| 90 x 3"     | 152 | 164 | 34 | 232 | 110 | —  | 12 | 1380 |
| 110 x 4"    | 181 | 196 | 43 | 276 | 140 | —  | 6  | 2359 |

## Codo espiga integral de latón



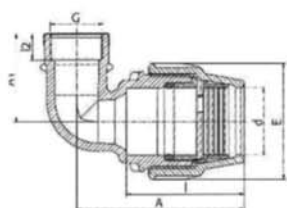
| Size<br>d x G | E   | I   | I2 | A   | A1  | UB | UC | W   |
|---------------|-----|-----|----|-----|-----|----|----|-----|
| 32 x 1"       | 64  | 57  | 17 | 86  | 89  | —  | 70 | 280 |
| 32 x 1 1/4"   | 64  | 57  | 18 | 86  | 89  | —  | 70 | 310 |
| 32 x 1 1/2"   | 64  | 66  | 20 | 86  | 89  | —  | 70 | 330 |
| 40 x 1"       | 82  | 82  | 20 | 127 | 92  | —  | 55 | 435 |
| 40 x 1 1/4"   | 82  | 82  | 22 | 127 | 95  | —  | 55 | 450 |
| 40 x 1 1/2"   | 82  | 82  | 22 | 127 | 95  | —  | 55 | 460 |
| 50 x 1"       | 96  | 94  | 20 | 145 | 104 | —  | 40 | 560 |
| 50 x 1 1/4"   | 96  | 94  | 22 | 145 | 106 | —  | 40 | 580 |
| 50 x 1 1/2"   | 96  | 94  | 22 | 145 | 106 | —  | 40 | 585 |
| 63 x 1 1/4"   | 113 | 110 | 22 | 170 | 125 | —  | 27 | 895 |
| 63 x 1 1/2"   | 113 | 110 | 22 | 170 | 125 | —  | 27 | 915 |
| 63 x 2"       | 113 | 110 | 26 | 170 | 129 | —  | 27 | 935 |

## Codo de 90° compresión rosca - campana



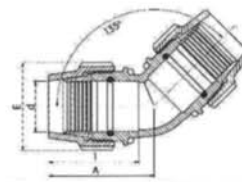
| d x G       | E   | I   | I2 | A   | A1 | UB | UC  | W   |
|-------------|-----|-----|----|-----|----|----|-----|-----|
| 16 x 1/2"   | 39  | 50  | 19 | 66  | 39 | 10 | 500 | 38  |
| 20 x 1/2"   | 48  | 54  | 19 | 78  | 40 | 10 | 350 | 61  |
| 20 x 3/4"   | 48  | 52  | 19 | 72  | 44 | 10 | 300 | 71  |
| 25 x 1/2"   | 54  | 57  | 18 | 80  | 46 | 10 | 250 | 75  |
| 25 x 3/4"   | 54  | 57  | 19 | 80  | 46 | 10 | 250 | 87  |
| 25 x 1"     | 54  | 57  | 21 | 82  | 50 | 10 | 220 | 90  |
| 32 x 3/4"   | 64  | 66  | 18 | 94  | 54 | 5  | 150 | 143 |
| 32 x 1"     | 64  | 66  | 22 | 94  | 54 | 5  | 150 | 136 |
| 32 x 1 1/4" | 64  | 66  | 25 | 98  | 60 | 5  | 120 | 167 |
| 40 x 1"     | 82  | 85  | 21 | 116 | 52 | —  | 100 | 201 |
| 40 x 1 1/4" | 82  | 85  | 25 | 120 | 61 | —  | 90  | 245 |
| 40 x 1 1/2" | 82  | 85  | 25 | 120 | 61 | —  | 80  | 261 |
| 40 x 2"     | 82  | 85  | 30 | 125 | 80 | —  | 65  | 293 |
| 50 x 1"     | 96  | 93  | 21 | 133 | 57 | —  | 70  | 280 |
| 50 x 1 1/4" | 96  | 93  | 25 | 133 | 67 | —  | 60  | 312 |
| 50 x 1 1/2" | 96  | 93  | 25 | 135 | 66 | —  | 60  | 348 |
| 50 x 2"     | 96  | 93  | 30 | 138 | 85 | —  | 45  | 384 |
| 63 x 1 1/4" | 113 | 110 | 25 | 160 | 65 | —  | 35  | 466 |
| 63 x 1 1/2" | 113 | 110 | 25 | 160 | 69 | —  | 35  | 480 |
| 63 x 2"     | 113 | 110 | 30 | 160 | 90 | —  | 35  | 553 |

## Codo de 90° compresión rosca - campana



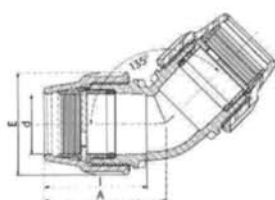
| d x G       | E   | I   | I2 | A   | A1  | UB | UC | W   |
|-------------|-----|-----|----|-----|-----|----|----|-----|
| 75 x 2"     | 132 | 136 | 30 | 191 | 100 | —  | 22 | 860 |
| 75 x 2 1/2" | 132 | 136 | 36 | 195 | 105 | —  | 18 | 933 |
| 75 x 3"     | 132 | 136 | 36 | 195 | 195 | —  | 18 | 982 |

## Codo de 45°



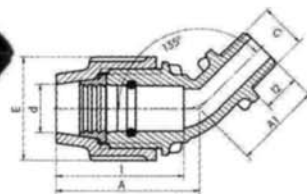
| d x d   | E   | I   | A   | UB | UC | W   |
|---------|-----|-----|-----|----|----|-----|
| 32 x 32 | 64  | 66  | 84  | —  | —  | —   |
| 40 x 40 | 82  | 83  | 98  | —  | 60 | 330 |
| 50 x 50 | 96  | 93  | 110 | —  | 40 | 486 |
| 63 x 63 | 113 | 110 | 130 | —  | 24 | 755 |

## Codo de 45°



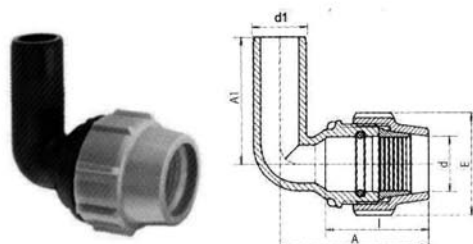
| d x d     | E   | I   | A   | UB | UC | W    |
|-----------|-----|-----|-----|----|----|------|
| 75 x 75   | 132 | 135 | 157 | —  | 12 | 1265 |
| 90 x 90   | 152 | 162 | 192 | —  | 8  | 2062 |
| 110 x 110 | 181 | 194 | 235 | —  | 4  | 3575 |

## Codo de 45° compresión rosca - espiga



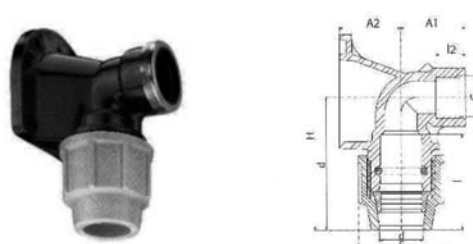
| d x G     | E  | I  | I2 | A  | A1 | UB | UC  | W  |
|-----------|----|----|----|----|----|----|-----|----|
| 20 x 1/2" | 48 | 57 | 17 | 65 | 40 | 10 | 350 | 54 |
| 20 x 3/4" | 48 | 57 | 18 | 65 | 41 | 10 | 350 | 56 |

## Codo espiga



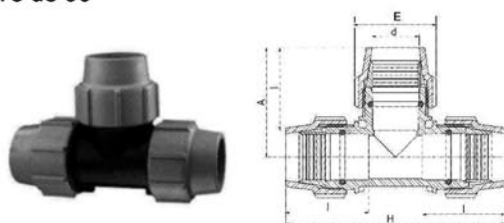
| d x d1  | E   | I   | A   | A1  | UB | UC | W   |
|---------|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|
| 40 x 40 | 82  | 84  | 118 | 106 | —  | 80 | 230 |
| 40 x 50 | 82  | 84  | 118 | 120 | —  | 70 | 275 |
| 50 x 40 | 96  | 93  | 136 | 106 | —  | 60 | 308 |
| 50 x 50 | 96  | 93  | 136 | 120 | —  | 55 | 355 |
| 63 x 40 | 113 | 110 | 160 | 106 | —  | 40 | 456 |
| 63 x 50 | 113 | 110 | 160 | 120 | —  | 35 | 495 |

## Adaptador para muro



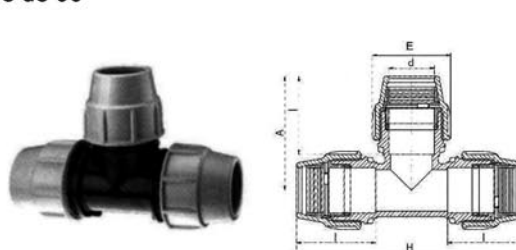
| d x G     | E  | I  | I2 | A  | A1 | A2 | H   | UB | UC  | W   |
|-----------|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|-----|
| 16 x 1/2" | 48 | 53 | 18 | 79 | 40 | 38 | 113 | 1  | 150 | 970 |
| 20 x 1/2" | 48 | 58 | 18 | 79 | 40 | 38 | 113 | 1  | 150 | 92  |
| 25 x 3/4" | 54 | 60 | 19 | 83 | 40 | 38 | 122 | 1  | 100 | 115 |

## Te de 90°



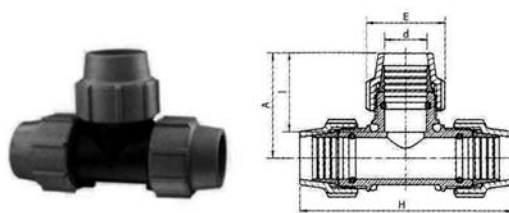
| d x d x d    | E   | H   | I   | A   | UB | UC  | W    |
|--------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|------|
| 16 x 16 x 16 | 39  | 126 | 50  | 63  | 10 | 220 | 83   |
| 20 x 20 x 20 | 48  | 145 | 57  | 74  | 10 | 120 | 151  |
| 25 x 25 x 25 | 54  | 152 | 57  | 77  | 5  | 100 | 191  |
| 32 x 32 x 32 | 64  | 175 | 65  | 88  | 5  | 60  | 301  |
| 40 x 40 x 40 | 82  | 221 | 84  | 111 | —  | 40  | 517  |
| 50 x 50 x 50 | 96  | 251 | 93  | 126 | —  | 25  | 748  |
| 63 x 63 x 63 | 113 | 292 | 109 | 146 | —  | 16  | 1145 |

## Te de 90°



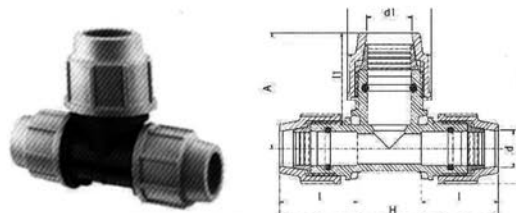
| d x d x d       | E   | H   | I   | A   | UB | UC | W    |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|----|----|------|
| 75 x 75 x 75    | 132 | 359 | 136 | 180 | —  | 8  | 1947 |
| 90 x 90 x 90    | 152 | 436 | 163 | 218 | —  | 8  | 3165 |
| 110 x 110 x 110 | 181 | 588 | 196 | 294 | —  | 5  | 5868 |

## Te de 90° reparador



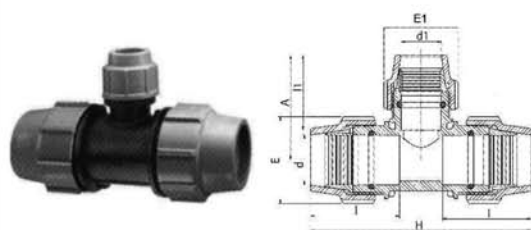
| d x d x d    | E   | H   | I   | A   | UB | UC  | W    |
|--------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|------|
| 20 x 20 x 20 | 48  | 145 | 57  | 74  | 10 | 140 | 146  |
| 25 x 25 x 25 | 54  | 152 | 57  | 77  | 5  | 100 | 185  |
| 32 x 32 x 32 | 64  | 175 | 65  | 88  | 5  | 60  | 294  |
| 40 x 40 x 40 | 82  | 221 | 84  | 111 | —  | 40  | 509  |
| 50 x 50 x 50 | 96  | 251 | 93  | 126 | —  | 25  | 735  |
| 63 x 63 x 63 | 113 | 292 | 109 | 146 | —  | 16  | 1125 |

## Te de 90° alargado



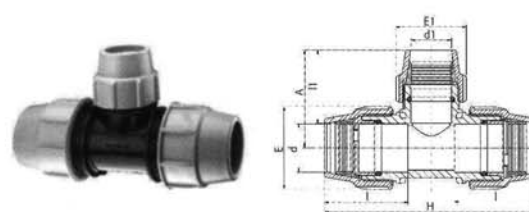
| Size<br>d x d1 x d | E  | E1 | H   | I  | I1 | A  | UB | UC | W |
|--------------------|----|----|-----|----|----|----|----|----|---|
| 25 x 32 x 25       | 54 | 64 | 152 | 59 | 65 | 91 | 5  | 80 | — |

Te de 90° reductor



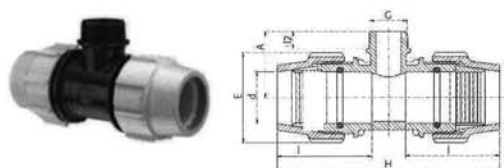
| dxd1xd       | E   | E1 | H   | I   | I1 | A   | UB | UC  | W    |
|--------------|-----|----|-----|-----|----|-----|----|-----|------|
| 20 x 16 x 20 | 48  | 39 | 142 | 60  | 53 | 65  | 10 | 150 | 125  |
| 25 x 20 x 25 | 53  | 48 | 154 | 60  | 58 | 76  | 5  | 100 | 178  |
| 32 x 25 x 32 | 63  | 53 | 171 | 66  | 60 | 85  | 5  | 60  | 266  |
| 40 x 25 x 40 | 82  | 53 | 202 | 82  | 60 | 85  | —  | 45  | 405  |
| 40 x 32 x 40 | 82  | 63 | 209 | 82  | 66 | 96  | —  | 40  | 441  |
| 50 x 25 x 50 | 96  | 53 | 222 | 93  | 78 | 107 | —  | 30  | 587  |
| 50 x 32 x 50 | 96  | 63 | 222 | 93  | 66 | 116 | —  | 30  | 613  |
| 50 x 40 x 50 | 96  | 82 | 236 | 93  | 82 | 114 | —  | 30  | 657  |
| 63 x 32 x 63 | 113 | 63 | 266 | 112 | 66 | 116 | —  | 20  | 893  |
| 63 x 40 x 63 | 113 | 82 | 266 | 112 | 84 | 139 | —  | 20  | 945  |
| 63 x 50 x 63 | 113 | 96 | 273 | 109 | 93 | 135 | —  | 18  | 1005 |

Te de 90° reductor



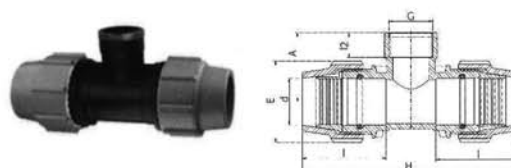
| dxd1xd       | E   | E1  | H   | I   | I1  | A   | UB | UC | W    |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|------|
| 75 x 63 x 75 | 134 | 113 | 332 | 130 | 109 | 150 | —  | 10 | 1668 |

Te de 90° compresión rosca - espiga



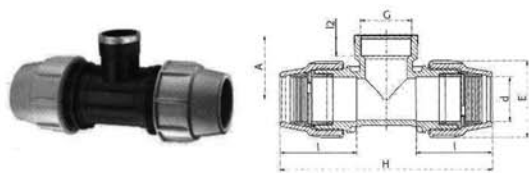
| d x G x d        | E   | H   | I   | I2 | A  | UB | UC  | W   |
|------------------|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|
| 20 x 1/2" x 20   | 48  | 138 | 58  | 16 | 46 | 10 | 180 | 105 |
| 20 x 3/4" x 20   | 48  | 138 | 58  | 16 | 46 | 10 | 180 | 108 |
| 25 x 1/2" x 25   | 54  | 150 | 61  | 16 | 50 | 5  | 140 | 134 |
| 25 x 3/4" x 25   | 54  | 150 | 61  | 18 | 50 | 5  | 140 | 138 |
| 32 x 1" x 32     | 64  | 168 | 66  | 20 | 58 | 5  | 80  | 218 |
| 40 x 1 1/4" x 40 | 82  | 206 | 84  | 22 | 71 | —  | 50  | 373 |
| 40 x 1 1/2" x 40 | 82  | 206 | 84  | 22 | 71 | —  | 50  | 376 |
| 50 x 1 1/4" x 50 | 96  | 230 | 93  | 22 | 79 | —  | 36  | 543 |
| 50 x 1 1/2" x 50 | 96  | 230 | 93  | 22 | 77 | —  | 36  | 542 |
| 63 x 1 1/4" x 63 | 113 | 271 | 110 | 22 | 79 | —  | 20  | 822 |
| 63 x 1 1/2" x 63 | 113 | 271 | 110 | 22 | 83 | —  | 20  | 829 |
| 63 x 2" x 63     | 113 | 271 | 110 | 26 | 92 | —  | 20  | 824 |

Te de 90° compresión rosca - campana



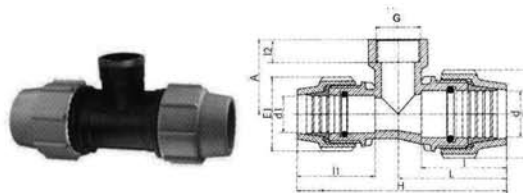
| d x G x d        | E   | H   | I   | I2 | A  | UB | UC  | W   |
|------------------|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|
| 16 x 1/2" x 16   | 39  | 124 | 51  | 19 | 30 | 10 | 240 | 66  |
| 16 x 3/4" x 16   | 39  | 122 | 50  | 19 | 30 | 10 | 240 | 65  |
| 20 x 1/2" x 20   | 48  | 144 | 57  | 19 | 42 | 10 | 180 | 113 |
| 20 x 3/4" x 20   | 48  | 144 | 57  | 19 | 45 | 10 | 180 | 110 |
| 25 x 1/2" x 25   | 54  | 150 | 58  | 19 | 45 | 5  | 140 | 126 |
| 25 x 3/4" x 25   | 54  | 150 | 58  | 19 | 48 | 5  | 140 | 140 |
| 25 x 1" x 25     | 54  | 158 | 63  | 21 | 66 | 5  | 100 | 162 |
| 25 x 1 1/4" x 25 | 54  | 158 | 63  | 25 | 74 | 5  | 100 | 194 |
| 32 x 3/4" x 32   | 64  | 174 | 66  | 19 | 51 | 5  | 80  | 177 |
| 32 x 1" x 32     | 64  | 174 | 66  | 21 | 54 | 5  | 80  | 213 |
| 32 x 1 1/4" x 32 | 64  | 180 | 72  | 25 | 67 | 5  | 60  | 268 |
| 32 x 1 1/2" x 32 | 64  | 178 | 70  | 25 | 71 | 5  | 60  | 282 |
| 40 x 1" x 40     | 82  | 200 | 80  | 20 | 61 | —  | 60  | 356 |
| 40 x 1 1/4" x 40 | 82  | 208 | 83  | 24 | 63 | —  | 55  | 403 |
| 40 x 1 1/2" x 40 | 82  | 216 | 81  | 25 | 76 | —  | 50  | 453 |
| 40 x 2" x 40     | 82  | 218 | 85  | 30 | 84 | —  | 45  | 435 |
| 50 x 1 1/2" x 50 | 96  | 242 | 93  | 25 | 78 | —  | 36  | 602 |
| 50 x 2" x 50     | 96  | 244 | 93  | 30 | 87 | —  | 30  | 599 |
| 63 x 1 1/4" x 63 | 113 | 291 | 110 | 25 | 95 | —  | 20  | 875 |
| 63 x 1 1/2" x 63 | 113 | 291 | 110 | 25 | 95 | —  | 20  | 866 |
| 63 x 2" x 63     | 113 | 291 | 110 | 30 | 95 | —  | 20  | 904 |

Te de 90° compresión rosca - campana



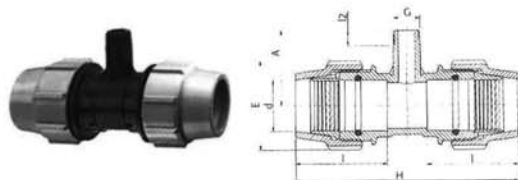
| dxGxd            | E   | H   | I   | I2 | A   | UB | UC | W    |
|------------------|-----|-----|-----|----|-----|----|----|------|
| 75 x 2" x 75     | 132 | 366 | 135 | 30 | 110 | —  | 9  | 1517 |
| 75 x 2 1/2" x 75 | 132 | 338 | 132 | 35 | 85  | —  | 9  | 1570 |
| 75 x 3" x 75     | 132 | 366 | 135 | 36 | 110 | —  | 9  | 1627 |
| 90 x 3" x 90     | 152 | 413 | 162 | 41 | 116 | —  | 7  | 2351 |
| 110 x 4" x 110   | 181 | 511 | 198 | 52 | 140 | —  | 4  | 4189 |

Te de 90° reducción compresión rosca - campana



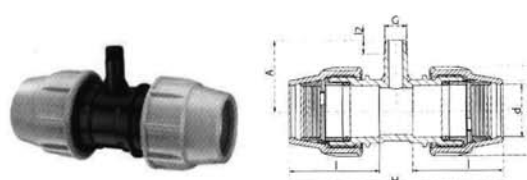
| dxGxd          | E  | E1 | H   | L  | I  | I1 | I2 | A  | UB | UC  | W   |
|----------------|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| 20 x 3/4" x 16 | 48 | 39 | 133 | 70 | 53 | 50 | 19 | 42 | 10 | 180 | 86  |
| 25 x 3/4" x 20 | 54 | 48 | 141 | 72 | 54 | 53 | 22 | 42 | 5  | 160 | 141 |
| 32 x 1" x 25   | 64 | 54 | 172 | 95 | 67 | 62 | 22 | 66 | 5  | 100 | 223 |

Enlace recto con derivación rosca - espiga



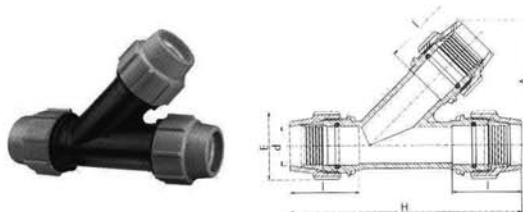
| dxGxd          | E   | I   | I2 | H   | A  | UB | UC | W   |
|----------------|-----|-----|----|-----|----|----|----|-----|
| 40 x 3/4" x 40 | 82  | 89  | 18 | 216 | 85 | —  | 50 | 372 |
| 50 x 3/4" x 50 | 96  | 98  | 18 | 244 | 90 | —  | 36 | 525 |
| 50 x 1" x 50   | 96  | 98  | 20 | 244 | 90 | —  | 36 | 550 |
| 63 x 3/4" x 63 | 113 | 110 | 18 | 270 | 95 | —  | 24 | 781 |
| 63 x 1" x 63   | 113 | 110 | 20 | 270 | 95 | —  | 24 | 821 |

Enlace recto con derivación rosca - espiga



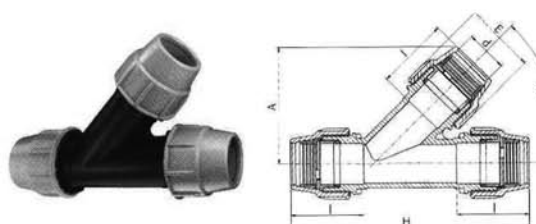
| dxGxd          | E   | I   | I2 | H   | A   | UB | UC | W    |
|----------------|-----|-----|----|-----|-----|----|----|------|
| 75 x 3/4" x 75 | 132 | 136 | 18 | 322 | 105 | —  | 12 | 1300 |
| 75 x 1" x 75   | 132 | 136 | 20 | 322 | 105 | —  | 12 | 1310 |

Te de 45°

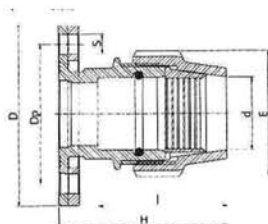


| dx dxd       | E   | H   | I   | A   | UB | UC | W    |
|--------------|-----|-----|-----|-----|----|----|------|
| 63 x 63 x 63 | 113 | 373 | 110 | 207 | —  | 10 | 1390 |

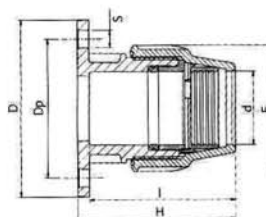
Te de 45°



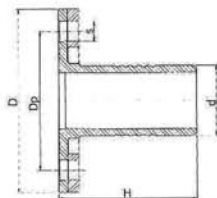
| dx dxd          | E   | H   | I   | A   | UB | UC | W    |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|----|----|------|
| 75 x 75 x 75    | 132 | 442 | 135 | 204 | —  | 6  | 2500 |
| 90 x 90 x 90    | 152 | 514 | 162 | 233 | —  | 4  | 3674 |
| 110 x 110 x 110 | 181 | 625 | 194 | 284 | —  | 2  | 6229 |

**Adaptador compresión-bridra con anillo de refuerzo metálico**


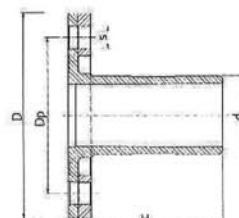
| d x DN (inch)    | E   | H   | I   | D   | Dp  | S  | No. of Holes | Metal-Flange | UC | W    |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|--------------|--------------|----|------|
| 50 x 40 (1 1/2") | 96  | 128 | 93  | 150 | 110 | 18 | 4            | 50x40        | 20 | 1198 |
| 50 x 50 (2")     | 96  | 128 | 93  | 165 | 125 | 18 | 4            | 50x50        | 15 | 1595 |
| 63 x 50 (2")     | 113 | 145 | 110 | 165 | 125 | 18 | 4            | 63/75x50     | 15 | 1509 |
| 125 x 125 (5")   | 212 | 270 | 250 | 250 | 240 | 22 | 8            | 125/160x125  | 4  | 3232 |
| 125 x 150 (6")   | 212 | 270 | 250 | 285 | 240 | 22 | 8            | 125/160x150  | 3  | 3450 |

**Adaptador compresión-bridra con anillo de refuerzo metálico**


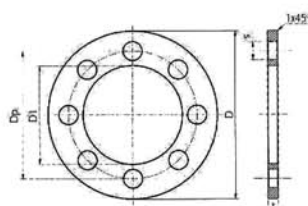
| d x DN (inch)    | E   | H   | I   | D   | Dp  | S  | No. of Holes | Metal-Flange | UC | W    |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|--------------|--------------|----|------|
| 75 x 65 (2 1/2") | 132 | 165 | 153 | 185 | 145 | 18 | 4            | 75/90x65     | 12 | 2200 |
| 90 x 80 (3")     | 152 | 192 | 180 | 200 | 160 | 18 | 8            | 90/110x80    | 10 | 2429 |
| 90 x 100 (4")    | 152 | 192 | 180 | 220 | 180 | 18 | 8            | 90x100       | 8  | 3012 |
| 110 x 100 (4")   | 181 | 225 | 212 | 216 | 180 | 18 | 8            | 110x100      | 8  | 3398 |

**Adaptador espiga-bridra con anillo de refuerzo metálico**


| d x DN (inch)    | H   | D   | Dp  | S  | No. of Holes | Metal-Flange | UC | W    |
|------------------|-----|-----|-----|----|--------------|--------------|----|------|
| 50 x 40 (1 1/2") | 99  | 150 | 110 | 18 | 4            | 50x40        | 20 | 1064 |
| 50 x 50 (2")     | 99  | 165 | 125 | 18 | 4            | 50x50        | 20 | 1094 |
| 63 x 50 (2")     | 124 | 165 | 125 | 18 | 4            | 63/75x50     | 18 | 1311 |
| 63 x 65 (2 1/2") | 124 | 185 | 145 | 18 | 4            | 63x65        | 15 | 1787 |

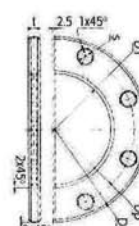
**Adaptador espiga-bridra con anillo de refuerzo metálico**


| d x DN (inch)    | H   | D   | Dp  | S  | No. of Holes | Metal-Flange | UC | W    |
|------------------|-----|-----|-----|----|--------------|--------------|----|------|
| 75 x 50 (2")     | 142 | 165 | 125 | 18 | 4            | 63/75x50     | 15 | 1402 |
| 75 x 65 (2 1/2") | 142 | 185 | 145 | 18 | 4            | 75/90x65     | 15 | 1568 |
| 75 x 80 (3")     | 142 | 200 | 160 | 18 | 8            | 75x80        | 12 | 1981 |
| 90 x 65 (2 1/2") | 175 | 185 | 145 | 18 | 4            | 75/90x65     | 12 | 1755 |
| 90 x 80 (3")     | 175 | 200 | 160 | 18 | 8            | 90/110x80    | 12 | 1858 |
| 90 x 100 (4")    | 175 | 220 | 180 | 18 | 8            | 90x100       | 10 | 2181 |
| 110 x 80 (3")    | 210 | 200 | 160 | 18 | 8            | 90/110x80    | 10 | 2020 |
| 110 x 100 (4")   | 210 | 220 | 180 | 18 | 8            | 90x100       | 8  | 2330 |
| 110 x 125 (5")   | 214 | 250 | 210 | 18 | 8            | 110x125      | 6  | 3988 |

**Bridra de metal**


| d x DN (inch)       | D   | Dp  | D1  | S  | t  | Th*     | No. of Holes | W    |
|---------------------|-----|-----|-----|----|----|---------|--------------|------|
| 50 x 40 (1 1/2")    | 150 | 110 | 82  | 18 | 10 | M16 5/8 | 4            | 877  |
| 50 x 50 (2")        | 165 | 125 | 82  | 18 | 10 | M16 5/8 | 4            | 877  |
| 63/75 x 50 (2")     | 165 | 125 | 96  | 18 | 10 | M16 5/8 | 4            | 1035 |
| 63 x 65 (2 1/2")    | 185 | 145 | 96  | 18 | 10 | M16 5/8 | 4            | 1490 |
| 75/90 x 65 (2 1/2") | 185 | 145 | 112 | 18 | 10 | M16 5/8 | 4            | 1141 |
| 75 x 80 (3")        | 200 | 160 | 112 | 18 | 10 | M16 5/8 | 8            | 1650 |
| 90/110 x 80 (3")    | 200 | 160 | 132 | 18 | 10 | M16 5/8 | 8            | 1200 |
| 90 x 100 (4")       | 220 | 180 | 132 | 18 | 10 | M16 5/8 | 8            | 1734 |
| 110 x 100 (4")      | 220 | 180 | 151 | 18 | 10 | M16 5/8 | 8            | 1416 |
| 110 x 125 (5")      | 250 | 210 | 151 | 18 | 10 | M16 5/8 | 8            | 2880 |

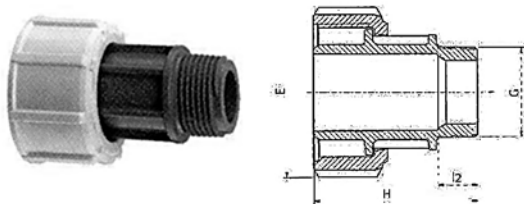
\* diámetro nominal del tornillo

**Bridra de metal**


| d x DN (inch)      | D   | Dp  | D1  | S  | t  | Th*     | No. of Holes | W    |
|--------------------|-----|-----|-----|----|----|---------|--------------|------|
| 125/160 x 125 (5") | 250 | 210 | 170 | 18 | 12 | M16 5/8 | 8            | 1100 |
| 125/160 x 150 (6") | 250 | 240 | 170 | 22 | 12 | M16 3/4 | 8            | 1800 |

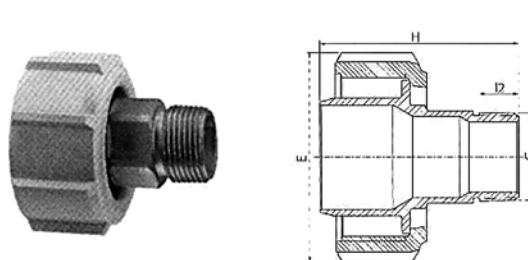
\* diámetro nominal del tornillo

## Adaptador compresión rosca - espiga



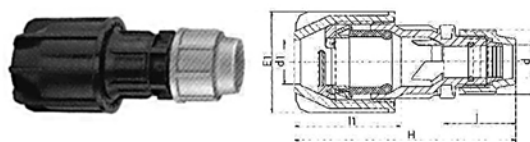
| d x G       | E   | H   | l2 | UB | UC  | W   |
|-------------|-----|-----|----|----|-----|-----|
| 32 x 1/2"   | 64  | 85  | 17 | 2  | 180 | 66  |
| 32 x 3/4"   | 64  | 86  | 18 | 2  | 180 | 65  |
| 32 x 1"     | 64  | 87  | 20 | 2  | 180 | 68  |
| 40 x 1"     | 82  | 95  | 20 | 2  | 130 | 106 |
| 40 x 1 1/4" | 82  | 96  | 22 | 2  | 130 | 112 |
| 40 x 1 1/2" | 82  | 96  | 22 | 2  | 130 | 108 |
| 50 x 1"     | 96  | 102 | 22 | 2  | 80  | 147 |
| 50 x 1 1/4" | 96  | 104 | 24 | 2  | 80  | 148 |
| 50 x 1 1/2" | 96  | 104 | 24 | 2  | 80  | 149 |
| 50 x 2"     | 96  | 107 | 27 | 2  | 80  | 158 |
| 63 x 1"     | 113 | 108 | 20 | 2  | 60  | 228 |
| 63 x 1 1/4" | 113 | 111 | 22 | 2  | 60  | 230 |
| 63 x 1 1/2" | 113 | 111 | 22 | 2  | 60  | 230 |
| 63 x 2"     | 113 | 114 | 26 | 2  | 60  | 236 |
| 63 x 2 1/2" | 113 | 116 | 29 | 2  | 60  | 250 |
| 75 x 1 1/2" | 134 | 128 | 22 | 2  | 30  | 404 |
| 75 x 2"     | 134 | 132 | 26 | 2  | 30  | 402 |
| 75 x 2 1/2" | 134 | 134 | 29 | 2  | 30  | 412 |
| 75 x 3"     | 134 | 137 | 33 | 2  | 30  | 430 |

## Adaptador rosca de latón completo



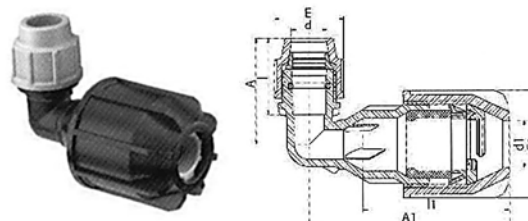
| d x G       | G  | l2 | H   | E   | UB | UC | W   |
|-------------|----|----|-----|-----|----|----|-----|
| 32 x 1"     | 33 | 19 | 77  | 64  | 1  | 50 | 279 |
| 40 x 1"     | 33 | 19 | 81  | 82  | 1  | 50 | 363 |
| 40 x 1 1/4" | 41 | 21 | 90  | 82  | 1  | 50 | 487 |
| 50 x 1 1/4" | 41 | 21 | 95  | 96  | 1  | 30 | 523 |
| 50 x 1 1/2" | 47 | 21 | 97  | 96  | 1  | 30 | 554 |
| 63 x 1 1/4" | 41 | 21 | 105 | 113 | 1  | 20 | 767 |
| 63 x 1 1/2" | 47 | 21 | 107 | 113 | 1  | 20 | 762 |
| 63 x 2"     | 59 | 25 | 112 | 113 | 1  | 20 | 973 |

## Enlace universal



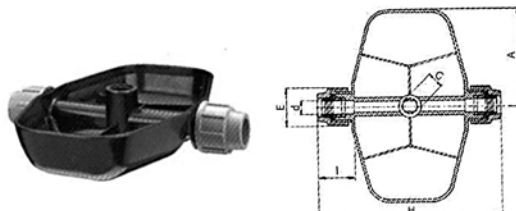
| d x d1       | E  | EI  | I  | l1  | H   | UB | UC | W   |
|--------------|----|-----|----|-----|-----|----|----|-----|
| 25 x 15 - 22 | 54 | 64  | 60 | 105 | 128 | 1  | 90 | 195 |
| 25 x 20 - 27 | 54 | 71  | 60 | 105 | 139 | 1  | 80 | 238 |
| 25 x 27 - 35 | 54 | 83  | 60 | 112 | 153 | 1  | 60 | 305 |
| 32 x 27 - 35 | 63 | 83  | 70 | 110 | 193 | 1  | 60 | 312 |
| 50 x 35 - 50 | 96 | 118 | 96 | 123 | 280 | —  | —  | 880 |

## Codo universal



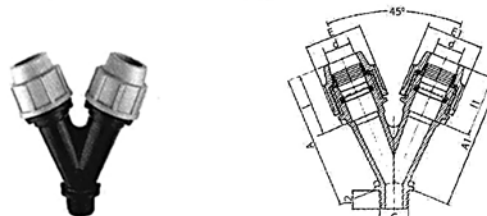
| d x d1       | E  | EI | I  | l1  | A  | A1  | UB | UC | W   |
|--------------|----|----|----|-----|----|-----|----|----|-----|
| 25 x 15 - 22 | 54 | 64 | 60 | 105 | 13 | 128 | 1  | 90 | 183 |
| 25 x 20 - 27 | 54 | 71 | 60 | 105 | 83 | 139 | 1  | 80 | 222 |
| 25 x 27 - 35 | 54 | 83 | 60 | 112 | 83 | 153 | 1  | 60 | 290 |

## Te estabilizadora con rosca - campana



| d x G x d      | E  | H   | I  | l2 | A   | UB | UC | W   |
|----------------|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|
| 16 x 1/2" x 16 | 39 | 271 | 50 | 18 | 151 | 1  | 22 | 296 |
| 20 x 3/4" x 20 | 48 | 278 | 54 | 20 | 151 | 1  | 22 | 322 |
| 25 x 3/4" x 25 | 54 | 284 | 55 | 20 | 151 | 1  | 22 | 344 |

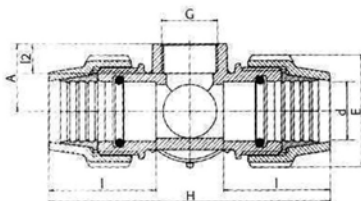
## Ye compresión rosca - espiga



| d x d x G      | E  | EI | I  | l1 | l2 | A   | A1  | UB | UC  | W   |
|----------------|----|----|----|----|----|-----|-----|----|-----|-----|
| 16 x 16 x 3/4" | 39 | 39 | 50 | 50 | 18 | 98  | 98  | 10 | 200 | 75  |
| 20 x 16 x 3/4" | 48 | 39 | 58 | 51 | 18 | 104 | 100 | 10 | 180 | 103 |
| 20 x 20 x 3/4" | 48 | 48 | 58 | 58 | 18 | 115 | 115 | 10 | 140 | 130 |
| 25 x 25 x 3/4" | 54 | 54 | 58 | 58 | 18 | 125 | 125 | 5  | 100 | 154 |



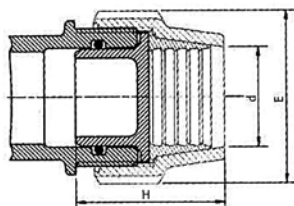
## Cruz compresión rosca - campana



| d x d x d x d x G        | E  | I  | I2 | H   | A  | UB | UC | W   |
|--------------------------|----|----|----|-----|----|----|----|-----|
| 20 x 20 x 20 x 20 x 3/4" | 48 | 58 | 21 | 151 | 34 | 5  | 80 | 204 |

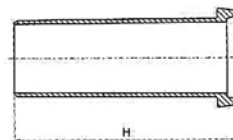
## Adaptadores de PE a cobre, PVC y tubería galvanizada

## Tapón ciego



| d  | E   | H  | UB | UC   | W  |
|----|-----|----|----|------|----|
| 20 | 48  | 47 | 10 | 3000 | 4  |
| 25 | 54  | 51 | 10 | 2000 | 7  |
| 32 | 64  | 56 | 10 | 1200 | 15 |
| 40 | 82  | 66 | —  | 720  | 24 |
| 50 | 96  | 80 | —  | 400  | 38 |
| 63 | 113 | 96 | —  | 200  | 76 |

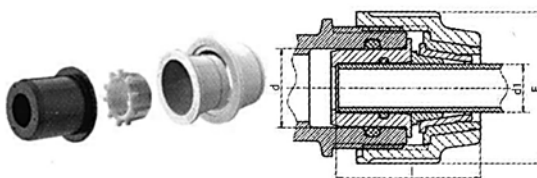
## Refuerzo de tubería



| d*       | H   | UB | UC   | W  |
|----------|-----|----|------|----|
| 20 x 2.3 | 65  | 30 | 3000 | 6  |
| 25 x 2.3 | 67  | 20 | 1800 | 11 |
| 32 x 3.0 | 84  | 20 | 900  | 18 |
| 40 x 3.7 | 97  | 10 | 480  | 26 |
| 50 x 4.6 | 125 | 10 | 250  | 56 |
| 63 x 5.8 | 146 | 5  | 130  | 90 |

\* diámetro externo del tubo x espesor del refuerzo

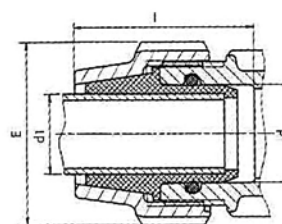
## Juego reductor



| d x d1    | E   | I   | UB | UC  | W   |
|-----------|-----|-----|----|-----|-----|
| • 25 x 20 | 54  | 56  | —  | 300 | 23  |
| • 32 x 20 | 64  | 62  | —  | 250 | 38  |
| • 32 x 25 | 64  | 60  | —  | 250 | 35  |
| • 40 x 32 | 82  | 77  | —  | 200 | 62  |
| 50 x 25   | 96  | 85  | —  | 120 | 111 |
| 50 x 32   | 96  | 87  | —  | 120 | 112 |
| • 50 x 40 | 96  | 85  | —  | 120 | 97  |
| 63 x 25   | 113 | 103 | —  | 80  | 217 |
| 63 x 32   | 113 | 102 | —  | 80  | 206 |
| 63 x 40   | 113 | 103 | —  | 80  | 204 |
| 63 x 50   | 113 | 105 | —  | 80  | 186 |

\* reductor de goma

## Adaptador universal para acero galvanizado, cobre y PVC



| d x d1  | E  | I   | UB | UC   | W   |
|---------|----|-----|----|------|-----|
| 20 x 15 | 48 | 66  | 25 | 1500 | 15  |
| 25 x 22 | 54 | 64  | 10 | 1200 | 16  |
| 32 x 28 | 64 | 74  | 10 | 700  | 28  |
| 40 x 35 | 82 | 92  | 10 | 300  | 54  |
| 50 x 42 | 96 | 105 | 10 | 160  | 108 |

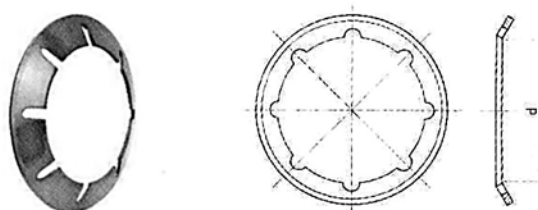


## Adaptador de compresión para tubería de cobre



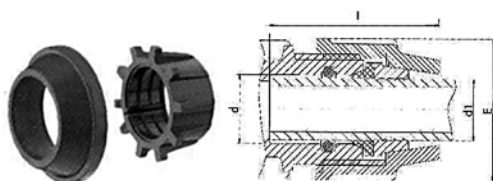
| d x d1  | E   | I   | UB | UC  | W   |
|---------|-----|-----|----|-----|-----|
| 20 x 15 | 48  | 67  | 10 | 600 | 20  |
| 25 x 15 | 54  | 69  | 10 | 500 | 33  |
| 25 x 22 | 54  | 67  | 10 | 500 | 23  |
| 32 x 28 | 64  | 77  | 10 | 350 | 35  |
| 40 x 35 | 82  | 92  | 10 | 300 | 38  |
| 50 x 42 | 96  | 105 | 10 | 250 | 64  |
| 63 x 54 | 113 | 121 | 1  | 150 | 102 |

## Casquillo de ajuste para tubería de PVC



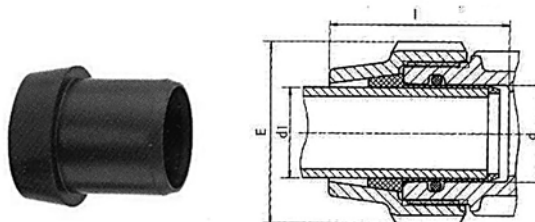
| d  | UB | UC | W  |
|----|----|----|----|
| 20 | 10 | —  | 2  |
| 25 | 10 | —  | 2  |
| 32 | 10 | —  | 4  |
| 40 | 10 | —  | 6  |
| 50 | 10 | —  | 11 |
| 63 | 10 | —  | 18 |

## Adaptador de compresión para tubería de plomo



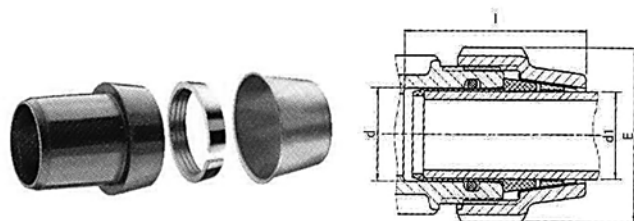
| d x d1         | E  | I   | UB | UC   | W   |
|----------------|----|-----|----|------|-----|
| 25 x 3/8" 5LB  | 54 | 67  | 20 | 1000 | 80  |
| 25 x 1/2" 7LB  | 54 | 64  | 20 | 1800 | 150 |
| 32 x 1/2" 9LB  | 64 | 77  | 10 | 500  | 235 |
| 32 x 3/4" 9LB  | 64 | 76  | 10 | 1000 | 130 |
| 40 x 3/4" 11LB | 82 | 95  | 10 | 400  | 420 |
| 50 x 1" 16LB   | 96 | 104 | 5  | 250  | 680 |

## Adaptador de goma para tubería de acero galvanizado



| d x d1      | E   | I   | UB | UC  | W  |
|-------------|-----|-----|----|-----|----|
| 40 x 1"     | 82  | 89  | 5  | 200 | 60 |
| 50 x 1 1/4" | 96  | 98  | 5  | 150 | 71 |
| 50 x 1 1/2" | 96  | 90  | 5  | 150 | 36 |
| 63 x 2"     | 113 | 108 | 5  | 120 | 89 |

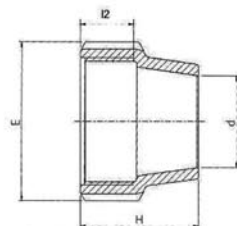
## Adaptador de compresión para tubería de acero galvanizado



| d x d1      | E   | I   | UB | UC  | W   |
|-------------|-----|-----|----|-----|-----|
| 40 x 1"     | 82  | 96  | 5  | 200 | 117 |
| 50 x 1 1/4" | 96  | 105 | 5  | 150 | 182 |
| 50 x 1 1/2" | 96  | 115 | 5  | 150 | 125 |
| 63 x 2"     | 113 | 117 | 5  | 120 | 226 |

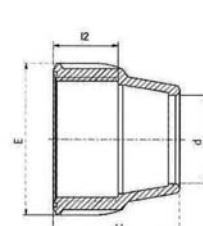
## Accesorios a compresión

Racor



| d  | E   | H  | l2 | UB | UC | W   |
|----|-----|----|----|----|----|-----|
| 16 | 39  | 40 | 23 | —  | —  | 12  |
| 20 | 48  | 45 | 26 | —  | —  | 22  |
| 25 | 54  | 46 | 26 | —  | —  | 29  |
| 32 | 64  | 51 | 30 | —  | —  | 43  |
| 40 | 82  | 63 | 34 | —  | —  | 70  |
| 50 | 96  | 71 | 34 | —  | —  | 105 |
| 63 | 113 | 84 | 38 | —  | —  | 159 |

Racor



| d   | E   | H   | l2 | UB | UC | W   |
|-----|-----|-----|----|----|----|-----|
| 75  | 132 | 110 | 56 | —  | 50 | 291 |
| 90  | 153 | 135 | 73 | —  | 30 | 447 |
| 110 | 181 | 170 | 97 | —  | 16 | 827 |

Junta elastomérica



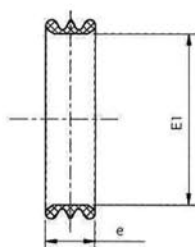
| d  | EI | e | UB | UC | W |
|----|----|---|----|----|---|
| 16 | 15 | 3 | —  | —  | — |
| 20 | 19 | 3 | —  | —  | — |
| 25 | 24 | 4 | —  | —  | 1 |
| 32 | 31 | 5 | —  | —  | 2 |

Junta elastomérica



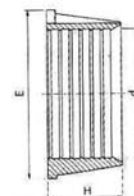
| d  | EI | e | UB | UC | W  |
|----|----|---|----|----|----|
| 40 | 39 | 6 | —  | —  | 5  |
| 50 | 49 | 7 | —  | —  | 8  |
| 63 | 62 | 7 | —  | —  | 10 |

Junta elastomérica



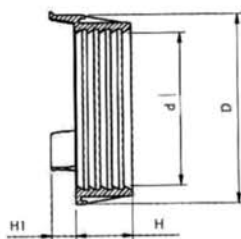
| d   | EI  | e  | UB | UC  | W  |
|-----|-----|----|----|-----|----|
| 75  | 77  | 22 | —  | 400 | 26 |
| 90  | 92  | 22 | —  | 300 | 35 |
| 110 | 112 | 24 | —  | 250 | 45 |

Casquillo de ajuste



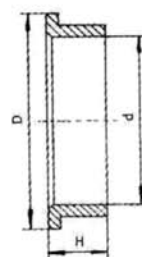
| d   | E   | H  | UB  | UC    | W  |
|-----|-----|----|-----|-------|----|
| 16  | 23  | 12 | 100 | 12000 | 1  |
| 20  | 31  | 13 | 100 | 6500  | 2  |
| 25  | 36  | 13 | 100 | 5000  | 4  |
| 32  | 44  | 19 | 50  | 2200  | 9  |
| 40  | 55  | 24 | 50  | 1200  | 12 |
| 50  | 67  | 30 | 20  | 500   | 24 |
| 63  | 83  | 37 | 10  | 300   | 47 |
| 125 | 161 | 72 | —   | —     | —  |

## Casquillo de ajuste



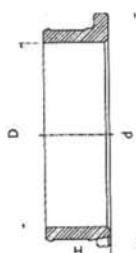
| d   | D   | H  | HI | UB | UC  | W   |
|-----|-----|----|----|----|-----|-----|
| 75  | 89  | 29 | 13 | —  | 300 | 52  |
| 90  | 105 | 34 | 14 | —  | 150 | 76  |
| 110 | 126 | 44 | 16 | —  | 80  | 133 |

## Inserto de PP



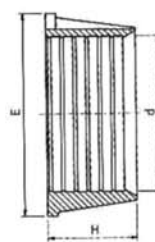
| d         | D   | H  | UB | UC | W   |
|-----------|-----|----|----|----|-----|
| 16        | —   | —  | —  | —  | —   |
| 125 upper | 164 | 48 | —  | —  | 154 |
| 125 lower | 142 | 18 | —  | —  | 43  |

## Inserto de PP



| d   | D   | H  | UB | UC  | W  |
|-----|-----|----|----|-----|----|
| 75  | 94  | 23 | —  | 300 | 37 |
| 90  | 116 | 32 | —  | 200 | 48 |
| 110 | 138 | 36 | —  | 100 | 80 |

## Casquillo de ajuste (PVC)



| d  | E  | H    | UB  | UC    | W  |
|----|----|------|-----|-------|----|
| 16 | 23 | 12.3 | 100 | 12000 | 2  |
| 20 | 31 | 13   | 100 | 6500  | 4  |
| 25 | 36 | 13   | 100 | 5000  | 5  |
| 32 | 44 | 19   | 50  | 2200  | 10 |
| 40 | 55 | 24   | 50  | 1200  | 19 |
| 50 | 67 | 30   | 20  | 500   | 32 |
| 63 | 83 | 37   | 10  | 300   | 53 |

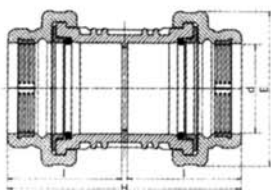
## Herramienta para biselar



| Dimensiones | UB | UC | W   |
|-------------|----|----|-----|
| 20 x 63     | —  | 64 | 202 |

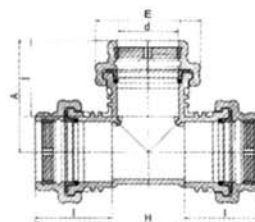
## Accesorios para tuberías de 160 mm

## Enlace recto



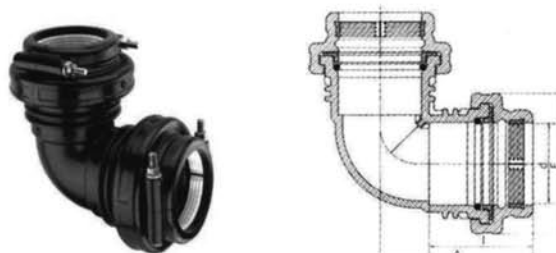
| d x d     | E   | I   | H   | UB | UC | W    |
|-----------|-----|-----|-----|----|----|------|
| 160 x 160 | 280 | 204 | 418 | —  | 2  | 9185 |

## Te de 90°



| d x d x d       | E   | I   | H   | A   | UB | UC | W     |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|----|----|-------|
| 160 x 160 x 160 | 280 | 204 | 601 | 301 | —  | 1  | 14738 |

## Codo de 90°



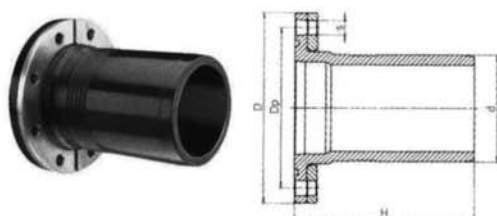
| d x d     | E   | I   | A   | UB | UC | W     |
|-----------|-----|-----|-----|----|----|-------|
| 160 x 160 | 280 | 204 | 301 | —  | 2  | 10232 |

## Adaptador compresión - brida con anillo de refuerzo metálico



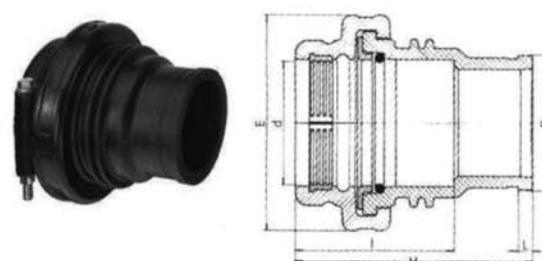
| d x DN (inch)  | E   | H   | I   | D   | Dp  | S  | No. of Holes | Metal-Flange Size | UC | W    |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|--------------|-------------------|----|------|
| 160 x 125 (5") | 280 | 304 | 204 | 250 | 210 | 18 | 8            | 125/160x125       | 3  | 9095 |
| 160 x 150 (6") | 280 | 304 | 204 | 285 | 240 | 22 | 8            | 125/160x150       | 3  | 9350 |

## Adaptador brida - espiga con anillo de refuerzo metálico



| d x DN (inch)  | H   | D   | Dp  | S  | No. of Holes | Metal-Flange Size | UC | W    |
|----------------|-----|-----|-----|----|--------------|-------------------|----|------|
| 160 x 125 (5") | 265 | 250 | 210 | 18 | 8            | 125/160x125       | 6  | 4345 |
| 160 x 150 (6") | 265 | 285 | 240 | 22 | 8            | 125/160x150       | 5  | 5650 |

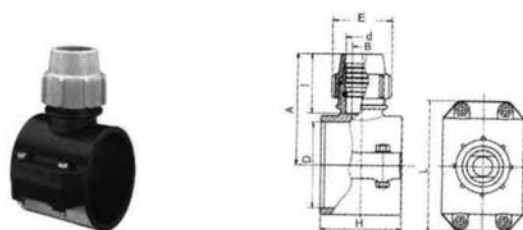
## Adaptador



| d x DN (inch)  | E   | H   | I   | L   | B   | UB | UC | W    |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|------|
| 160 x 150 (6") | 280 | 304 | 204 | 175 | 175 | —  | 4  | 5404 |

## Collar

## Collar simple de compresión



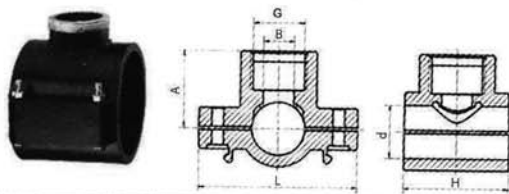
| D x d    | I  | H   | L   | A   | E  | B  | No. of Bolts | UB | UC | W    |
|----------|----|-----|-----|-----|----|----|--------------|----|----|------|
| 90 x 50  | 97 | 130 | 150 | 154 | 96 | 32 | 4            | 1  | 24 | 655  |
| 110 x 50 | 97 | 130 | 170 | 164 | 96 | 32 | 4            | 1  | 18 | 723  |
| 140 x 50 | 97 | 130 | 210 | 182 | 96 | 32 | 4            | 1  | 16 | 921  |
| 160 x 50 | 97 | 130 | 230 | 192 | 96 | 32 | 4            | 1  | 14 | 1000 |

## Collar simple de compresión con adaptador espiga



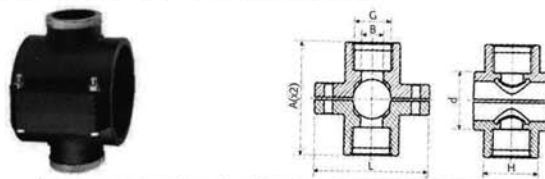
| D x G        | A   | E  | No. of Bolts | UB | UC | W    |
|--------------|-----|----|--------------|----|----|------|
| 90 x 1"      | 172 | 96 | 4            | 1  | 25 | 670  |
| 90 x 1 1/4"  | 174 | 96 | 4            | 1  | 25 | 680  |
| 90 x 1 1/2"  | 174 | 96 | 4            | 1  | 25 | 690  |
| 90 x 2"      | 177 | 96 | 4            | 1  | 25 | 690  |
| 110 x 1"     | 182 | 96 | 4            | 1  | 20 | 738  |
| 110 x 1 1/4" | 184 | 96 | 4            | 1  | 20 | 765  |
| 110 x 1 1/2" | 184 | 96 | 4            | 1  | 20 | 765  |
| 110 x 2"     | 187 | 96 | 4            | 1  | 20 | 748  |
| 140 x 1"     | 200 | 96 | 4            | 1  | 14 | 950  |
| 140 x 1 1/4" | 202 | 96 | 4            | 1  | 14 | 950  |
| 140 x 1 1/2" | 202 | 96 | 4            | 1  | 14 | 950  |
| 140 x 2"     | 205 | 96 | 4            | 1  | 14 | 950  |
| 160 x 1"     | 210 | 96 | 4            | 1  | 12 | 1035 |
| 160 x 1 1/2" | 212 | 96 | 4            | 1  | 12 | 1035 |
| 160 x 2"     | 215 | 96 | 4            | 1  | 12 | 1035 |

## Collar simple con anillo de refuerzo



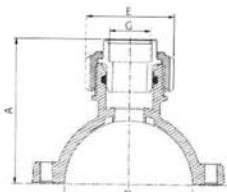
| d x G        | B  | L   | H   | A   | No. of Bolts | UB | UC  | W    |
|--------------|----|-----|-----|-----|--------------|----|-----|------|
| 20 x 1/2"    | 10 | 70  | 45  | 33  | 2            | 1  | 400 | 62   |
| 25 x 1/2"    | 15 | 75  | 50  | 36  | 2            | 1  | 300 | 70   |
| 25 x 3/4"    | 15 | 75  | 50  | 37  | 2            | 1  | 300 | 73   |
| 32 x 1/2"    | 16 | 92  | 60  | 40  | 2            | 1  | 150 | 133  |
| 32 x 3/4"    | 19 | 92  | 60  | 41  | 2            | 1  | 150 | 135  |
| 32 x 1"      | 19 | 92  | 60  | 42  | 2            | 1  | 150 | 142  |
| 40 x 1/2"    | 16 | 92  | 60  | 46  | 2            | 1  | 150 | 141  |
| 40 x 3/4"    | 19 | 92  | 60  | 46  | 2            | 1  | 150 | 143  |
| 40 x 1"      | 25 | 92  | 60  | 49  | 2            | 1  | 150 | 151  |
| 50 x 1/2"    | 16 | 106 | 73  | 51  | 2            | 1  | 100 | 178  |
| 50 x 3/4"    | 21 | 106 | 73  | 52  | 2            | 1  | 100 | 180  |
| 50 x 1"      | 25 | 106 | 73  | 54  | 2            | 1  | 100 | 187  |
| 50 x 1 1/4"  | 25 | 106 | 73  | 58  | 2            | 1  | 100 | 212  |
| 63 x 1/2"    | 16 | 116 | 84  | 58  | 4            | 1  | 70  | 277  |
| 63 x 3/4"    | 20 | 116 | 84  | 59  | 4            | 1  | 70  | 280  |
| 63 x 1"      | 25 | 116 | 84  | 61  | 4            | 1  | 70  | 286  |
| 63 x 1 1/4"  | 32 | 116 | 84  | 66  | 4            | 1  | 70  | 308  |
| 63 x 1 1/2"  | 39 | 116 | 84  | 67  | 4            | 1  | 60  | 322  |
| 75 x 1/2"    | 16 | 122 | 98  | 64  | 4            | 1  | 60  | 369  |
| 75 x 3/4"    | 20 | 122 | 98  | 65  | 4            | 1  | 55  | 369  |
| 75 x 1"      | 25 | 122 | 98  | 67  | 4            | 1  | 55  | 376  |
| 75 x 1 1/4"  | 32 | 122 | 98  | 72  | 4            | 1  | 55  | 398  |
| 75 x 1 1/2"  | 40 | 122 | 98  | 73  | 4            | 1  | 50  | 411  |
| 75 x 2"      | 40 | 122 | 98  | 78  | 4            | 1  | 50  | 433  |
| 90 x 1/2"    | 16 | 141 | 105 | 72  | 4            | 1  | 45  | 453  |
| 90 x 3/4"    | 20 | 141 | 105 | 73  | 4            | 1  | 45  | 454  |
| 90 x 1"      | 25 | 141 | 105 | 75  | 4            | 1  | 45  | 460  |
| 90 x 1 1/4"  | 32 | 141 | 105 | 80  | 4            | 1  | 40  | 482  |
| 90 x 1 1/2"  | 40 | 141 | 105 | 81  | 4            | 1  | 40  | 493  |
| 90 x 2"      | 50 | 141 | 105 | 86  | 4            | 1  | 40  | 511  |
| 110 x 1/2"   | 16 | 165 | 116 | 83  | 4            | 1  | 45  | 561  |
| 110 x 3/4"   | 20 | 165 | 116 | 84  | 4            | 1  | 45  | 562  |
| 110 x 1"     | 25 | 165 | 116 | 87  | 4            | 1  | 36  | 566  |
| 110 x 1 1/4" | 32 | 165 | 116 | 91  | 4            | 1  | 36  | 588  |
| 110 x 1 1/2" | 40 | 165 | 116 | 92  | 4            | 1  | 36  | 600  |
| 110 x 2"     | 50 | 165 | 116 | 97  | 4            | 1  | 30  | 615  |
| 125 x 3/4"   | 20 | 184 | 124 | 91  | 6            | 1  | 30  | 749  |
| 125 x 1"     | 25 | 184 | 124 | 94  | 6            | 1  | 30  | 754  |
| 125 x 1 1/4" | 32 | 184 | 124 | 98  | 6            | 1  | 30  | 779  |
| 125 x 1 1/2" | 40 | 184 | 124 | 99  | 6            | 1  | 30  | 781  |
| 125 x 2"     | 50 | 184 | 124 | 104 | 6            | 1  | 30  | 796  |
| 140 x 1"     | 25 | 201 | 136 | 101 | 6            | 1  | 24  | 893  |
| 140 x 1 1/4" | 32 | 201 | 136 | 106 | 6            | 1  | 24  | 912  |
| 140 x 1 1/2" | 40 | 201 | 136 | 107 | 6            | 1  | 24  | 922  |
| 140 x 2"     | 50 | 201 | 136 | 112 | 6            | 1  | 20  | 938  |
| 160 x 1"     | 25 | 223 | 145 | 116 | 6            | 1  | 20  | 1039 |
| 160 x 1 1/4" | 32 | 223 | 145 | 117 | 6            | 1  | 20  | 1061 |
| 160 x 1 1/2" | 40 | 223 | 145 | 118 | 6            | 1  | 20  | 1071 |
| 160 x 2"     | 50 | 223 | 145 | 123 | 6            | 1  | 20  | 1080 |
| 180 x 1"     | 25 | 245 | 154 | 122 | 6            | 1  | 16  | 1300 |
| 180 x 1 1/4" | 32 | 245 | 154 | 127 | 6            | 1  | 16  | 1319 |
| 180 x 1 1/2" | 40 | 245 | 154 | 128 | 6            | 1  | 16  | 1327 |
| 180 x 2"     | 50 | 245 | 154 | 133 | 6            | 1  | 16  | 1334 |

## Collar doble con anillo de refuerzo



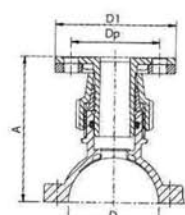
| d x G        | B  | L   | H   | A   | No. of Bolts | UB | UC  | W    |
|--------------|----|-----|-----|-----|--------------|----|-----|------|
| 20 x 1/2"    | 10 | 70  | 45  | 66  | 2            | 1  | 300 | 73   |
| 25 x 1/2"    | 15 | 75  | 50  | 71  | 2            | 1  | 250 | 81   |
| 25 x 3/4"    | 15 | 75  | 50  | 73  | 2            | 1  | 250 | 86   |
| 32 x 1/2"    | 16 | 92  | 60  | 80  | 2            | 1  | 140 | 145  |
| 32 x 3/4"    | 19 | 92  | 60  | 82  | 2            | 1  | 140 | 148  |
| 32 x 1"      | 19 | 92  | 60  | 84  | 2            | 1  | 147 | 163  |
| 40 x 1/2"    | 16 | 92  | 60  | 89  | 2            | 1  | 120 | 154  |
| 40 x 3/4"    | 19 | 92  | 60  | 91  | 2            | 1  | 120 | 158  |
| 40 x 1"      | 25 | 92  | 60  | 98  | 2            | 1  | 120 | 174  |
| 50 x 1/2"    | 16 | 106 | 73  | 102 | 2            | 1  | 80  | 193  |
| 50 x 3/4"    | 21 | 106 | 73  | 104 | 2            | 1  | 80  | 196  |
| 50 x 1"      | 25 | 106 | 73  | 109 | 2            | 1  | 80  | 210  |
| 50 x 1 1/4"  | 25 | 106 | 73  | 117 | 2            | 1  | 80  | 260  |
| 63 x 1/2"    | 16 | 116 | 84  | 116 | 4            | 1  | 80  | 293  |
| 63 x 3/4"    | 20 | 116 | 84  | 118 | 4            | 1  | 80  | 297  |
| 63 x 1"      | 25 | 116 | 84  | 123 | 4            | 1  | 70  | 310  |
| 63 x 1 1/4"  | 32 | 116 | 84  | 132 | 4            | 1  | 60  | 355  |
| 63 x 1 1/2"  | 39 | 116 | 84  | 133 | 4            | 1  | 60  | 382  |
| 75 x 1/2"    | 16 | 122 | 98  | 128 | 4            | 1  | 60  | 382  |
| 75 x 3/4"    | 20 | 122 | 98  | 130 | 4            | 1  | 60  | 382  |
| 75 x 1"      | 25 | 122 | 98  | 135 | 4            | 1  | 50  | 396  |
| 75 x 1 1/4"  | 32 | 122 | 98  | 144 | 4            | 1  | 50  | 439  |
| 75 x 1 1/2"  | 40 | 122 | 98  | 145 | 4            | 1  | 50  | 465  |
| 75 x 2"      | 40 | 122 | 98  | 155 | 4            | 1  | 40  | 513  |
| 90 x 1/2"    | 16 | 141 | 105 | 143 | 4            | 1  | 45  | 467  |
| 90 x 3/4"    | 20 | 141 | 105 | 146 | 4            | 1  | 45  | 469  |
| 90 x 1"      | 25 | 141 | 105 | 151 | 4            | 1  | 45  | 481  |
| 90 x 1 1/4"  | 32 | 141 | 105 | 160 | 4            | 1  | 40  | 526  |
| 90 x 1 1/2"  | 40 | 141 | 105 | 162 | 4            | 1  | 40  | 547  |
| 90 x 2"      | 50 | 141 | 105 | 172 | 4            | 1  | 36  | 585  |
| 110 x 1/2"   | 16 | 165 | 116 | 166 | 4            | 1  | 40  | 575  |
| 110 x 3/4"   | 20 | 165 | 116 | 168 | 4            | 1  | 40  | 577  |
| 110 x 1"     | 25 | 165 | 116 | 173 | 4            | 1  | 40  | 587  |
| 110 x 1 1/4" | 32 | 165 | 116 | 182 | 4            | 1  | 30  | 629  |
| 110 x 1 1/2" | 40 | 165 | 116 | 187 | 4            | 1  | 30  | 654  |
| 110 x 2"     | 50 | 165 | 116 | 196 | 4            | 1  | 30  | 684  |
| 125 x 3/4"   | 20 | 184 | 124 | 182 | 6            | 1  | 30  | 769  |
| 125 x 1"     | 25 | 184 | 124 | 187 | 6            | 1  | 30  | 777  |
| 125 x 1 1/4" | 32 | 184 | 124 | 196 | 6            | 1  | 20  | 814  |
| 125 x 1 1/2" | 40 | 184 | 124 | 198 | 6            | 1  | 20  | 834  |
| 125 x 2"     | 50 | 184 | 124 | 208 | 6            | 1  | 20  | 861  |
| 140 x 1"     | 25 | 201 | 136 | 202 | 6            | 1  | 20  | 908  |
| 140 x 1 1/4" | 32 | 201 | 136 | 212 | 6            | 1  | 20  | 947  |
| 140 x 1 1/2" | 40 | 201 | 136 | 213 | 6            | 1  | 20  | 967  |
| 140 x 2"     | 50 | 201 | 136 | 223 | 6            | 1  | 20  | 1001 |
| 160 x 1"     | 25 | 223 | 145 | 223 | 6            | 1  | 16  | 1055 |
| 160 x 1 1/4" | 32 | 223 | 145 | 233 | 6            | 1  | 16  | 1098 |
| 160 x 1 1/2" | 40 | 223 | 145 | 235 | 6            | 1  | 16  | 1119 |
| 160 x 2"     | 50 | 223 | 145 | 245 | 6            | 1  | 16  | 1137 |
| 180 x 1"     | 25 | 245 | 154 | 243 | 6            | 1  | 16  | 1310 |
| 180 x 1 1/4" | 32 | 245 | 154 | 253 | 6            | 1  | 16  | 1335 |
| 180 x 1 1/2" | 40 | 245 | 154 | 255 | 6            | 1  | 16  | 1349 |
| 180 x 2"     | 50 | 245 | 154 | 265 | 6            | 1  | 16  | 1368 |

Collar simple de compresión con adaptador campana



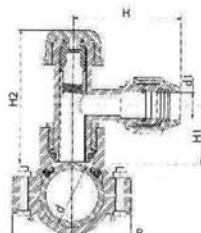
| D x G        | A   | E  | No. of Bolts | UB | UC | W    |
|--------------|-----|----|--------------|----|----|------|
| 90 x 1 1/4"  | 132 | 96 | 4            | 1  | 24 | 705  |
| 90 x 1 1/2"  | 132 | 96 | 4            | 1  | 24 | 705  |
| 110 x 1 1/4" | 142 | 96 | 4            | 1  | 22 | 770  |
| 110 x 1 1/2" | 142 | 96 | 4            | 1  | 22 | 770  |
| 140 x 1 1/4" | 159 | 96 | 4            | 1  | 18 | 970  |
| 140 x 1 1/2" | 159 | 96 | 4            | 1  | 18 | 970  |
| 160 x 1 1/4" | 170 | 96 | 4            | 1  | 14 | 1055 |
| 160 x 1 1/2" | 170 | 96 | 4            | 1  | 14 | 1055 |

Collar simple de compresión con adaptador brida



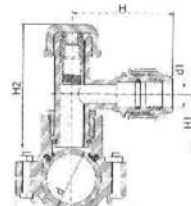
| D x Dn            | D1  | Dp  | A   | No. of Bolts | UB | UC | W    |
|-------------------|-----|-----|-----|--------------|----|----|------|
| 90 x 40 (1 1/2")  | 150 | 110 | 173 | 4            | 1  | 24 | 705  |
| 90 x 50 (2")      | 165 | 125 | 173 | 4            | 1  | 24 | 705  |
| 110 x 40 (1 1/2") | 150 | 110 | 183 | 4            | 1  | 22 | 770  |
| 110 x 50 (2")     | 165 | 125 | 183 | 4            | 1  | 22 | 770  |
| 140 x 40 (1 1/2") | 150 | 110 | 116 | 4            | 1  | 18 | 970  |
| 140 x 50 (2")     | 165 | 125 | 116 | 4            | 1  | 18 | 970  |
| 160 x 40 (1 1/2") | 150 | 110 | 116 | 4            | 1  | 14 | 1055 |
| 160 x 50 (2")     | 165 | 125 | 116 | 4            | 1  | 14 | 1055 |

Collar con salida rotatoria y corta-tubería integral para tubos de PE



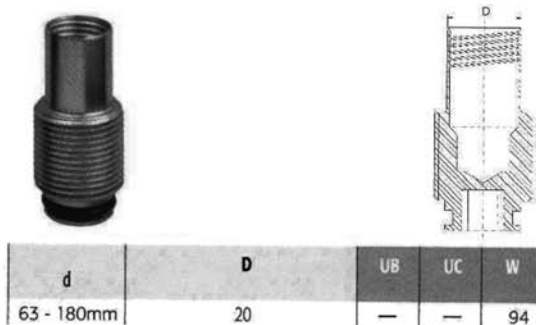
| d x d1   | H   | B   | H1 | H2  | No. of Bolts | UB | UC | W    |
|----------|-----|-----|----|-----|--------------|----|----|------|
| 63 x 25  | 106 | 116 | 57 | 130 | 4            | 1  | 40 | 584  |
| 63 x 32  | 111 | 116 | 57 | 130 | 4            | 1  | 40 | 614  |
| 75 x 25  | 106 | 122 | 57 | 130 | 4            | 1  | 30 | 700  |
| 75 x 32  | 111 | 122 | 57 | 130 | 4            | 1  | 30 | 725  |
| 90 x 25  | 106 | 141 | 58 | 131 | 4            | 1  | 25 | 761  |
| 90 x 32  | 111 | 141 | 58 | 131 | 4            | 1  | 25 | 781  |
| 110 x 25 | 106 | 165 | 59 | 132 | 4            | 1  | 20 | 872  |
| 110 x 32 | 111 | 165 | 59 | 132 | 4            | 1  | 20 | 902  |
| 125 x 25 | 106 | 184 | 58 | 131 | 6            | 1  | 16 | 1058 |
| 125 x 32 | 111 | 184 | 58 | 131 | 6            | 1  | 16 | 1088 |
| 140 x 25 | 106 | 201 | 59 | 132 | 6            | 1  | 14 | 1228 |
| 140 x 32 | 111 | 201 | 59 | 132 | 6            | 1  | 14 | 1228 |
| 160 x 25 | 106 | 223 | 59 | 132 | 6            | 1  | 10 | 1344 |
| 160 x 32 | 111 | 223 | 59 | 132 | 6            | 1  | 10 | 1374 |
| 180 x 25 | 106 | 245 | 60 | 133 | 6            | 1  | 8  | 1606 |
| 180 x 32 | 111 | 245 | 60 | 133 | 6            | 1  | 8  | 1640 |

Collar con salida rotatoria y corta-tubería integral para tubos de PVC

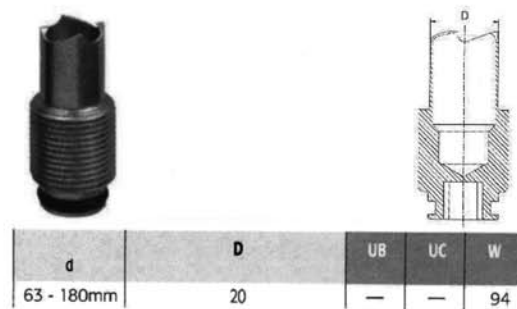


| d x d1   | H   | B   | H1 | H2  | No. of Bolts | UB | UC | W    |
|----------|-----|-----|----|-----|--------------|----|----|------|
| 63 x 25  | 106 | 116 | 57 | 130 | 4            | 1  | 40 | 584  |
| 63 x 32  | 111 | 116 | 57 | 130 | 4            | 1  | 40 | 614  |
| 75 x 25  | 106 | 122 | 57 | 130 | 4            | 1  | 30 | 700  |
| 75 x 32  | 111 | 122 | 57 | 130 | 4            | 1  | 30 | 725  |
| 90 x 25  | 106 | 141 | 58 | 131 | 4            | 1  | 25 | 761  |
| 90 x 32  | 111 | 141 | 58 | 131 | 4            | 1  | 25 | 781  |
| 110 x 25 | 106 | 165 | 59 | 132 | 4            | 1  | 20 | 872  |
| 110 x 32 | 111 | 165 | 59 | 132 | 4            | 1  | 20 | 902  |
| 125 x 25 | 106 | 184 | 58 | 131 | 6            | 1  | 16 | 1058 |
| 125 x 32 | 111 | 184 | 58 | 131 | 6            | 1  | 16 | 1088 |
| 140 x 25 | 106 | 201 | 59 | 132 | 6            | 1  | 14 | 1228 |
| 140 x 32 | 111 | 201 | 59 | 132 | 6            | 1  | 14 | 1228 |
| 160 x 25 | 106 | 223 | 59 | 132 | 6            | 1  | 10 | 1344 |
| 160 x 32 | 111 | 223 | 59 | 132 | 6            | 1  | 10 | 1374 |
| 180 x 25 | 106 | 245 | 60 | 133 | 6            | 1  | 8  | 1606 |
| 180 x 32 | 111 | 245 | 60 | 133 | 6            | 1  | 8  | 1640 |

Corta-tuberías para tuberías de PE (con sello incluido)

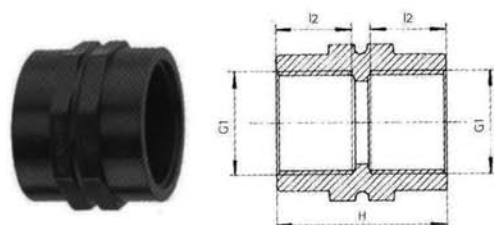


Corta-tuberías para tuberías de PVC (con sello incluido)



### Accesorios

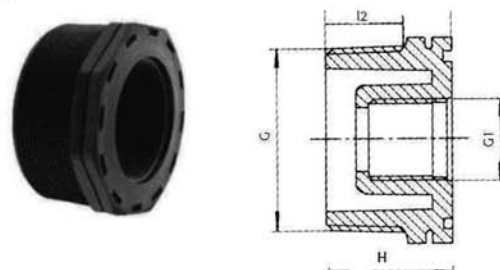
Manguito rosca campana - campana



| G1 x G1         | H  | I2 | UB | UC   | W  |
|-----------------|----|----|----|------|----|
| 1/2" x 1/2"     | 39 | 17 | 10 | 1200 | 15 |
| 3/4" x 3/4"     | 41 | 19 | 10 | 1000 | 20 |
| 1" x 1"         | 45 | 21 | 10 | 600  | 31 |
| 1 1/4" x 1 1/4" | 54 | 25 | 10 | 250  | 65 |
| 1 1/2" x 1 1/2" | 54 | 25 | 10 | 250  | 75 |
| 2" x 2"         | 65 | 30 | 5  | 150  | 92 |

• con anillo de refuerzo

Manguito rosca



| G x G1          | H  | I2 | UB | UC   | W   |
|-----------------|----|----|----|------|-----|
| 3/4" x 1/2"     | 30 | 17 | 10 | 2000 | 7   |
| 1" x 1/2"       | 32 | 19 | 10 | 1200 | 16  |
| 1" x 3/4"       | 32 | 19 | 10 | 1000 | 11  |
| 1 1/4" x 1/2"   | 37 | 21 | 10 | 700  | 27  |
| 1 1/4" x 3/4"   | 37 | 21 | 10 | 700  | 29  |
| 1 1/4" x 1"     | 37 | 21 | 10 | 700  | 21  |
| 1 1/2" x 1/2"   | 37 | 21 | 10 | 600  | 35  |
| 1 1/2" x 3/4"   | 37 | 21 | 10 | 600  | 32  |
| 1 1/2" x 1"     | 37 | 21 | 10 | 500  | 33  |
| 1 1/2" x 1 1/4" | 37 | 21 | 10 | 500  | 20  |
| 2" x 1/2"       | 41 | 25 | 5  | 350  | 58  |
| 2" x 3/4"       | 41 | 25 | 5  | 350  | 60  |
| 2" x 1"         | 41 | 26 | 5  | 350  | 61  |
| 2" x 1 1/4"     | 41 | 26 | 5  | 320  | 55  |
| 2" x 1 1/2"     | 41 | 26 | 5  | 320  | 44  |
| 2 1/2" x 2"     | 44 | 29 | 5  | 200  | 75  |
| 3" x 1"         | 48 | 33 | 2  | 150  | 117 |
| 3" x 1 1/4"     | 48 | 33 | 2  | 150  | 119 |
| 3" x 1 1/2"     | 48 | 33 | 2  | 150  | 118 |
| 3" x 2"         | 48 | 33 | 2  | 150  | 103 |
| 3" x 2 1/2"     | 48 | 33 | 2  | 150  | 76  |
| 4" x 2"         | 56 | 41 | 2  | 80   | 238 |
| 4" x 3"         | 56 | 41 | 2  | 80   | 222 |

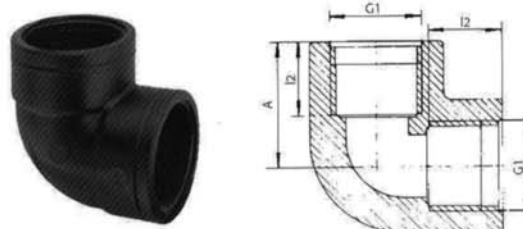
## Te de 90° rosca - campana



| G1     | H   | I2 | UB | UC  | W   |
|--------|-----|----|----|-----|-----|
| 1/2"   | 58  | 17 | 10 | 800 | 28  |
| 3/4"   | 64  | 18 | 10 | 500 | 39  |
| 1"     | 81  | 21 | 10 | 260 | 61  |
| 1 1/4" | 96  | 25 | 5  | 140 | 114 |
| 1 1/2" | 108 | 25 | 5  | 90  | 157 |
| 2"     | 130 | 30 | 5  | 60  | 205 |

\* con anillo de refuerzo

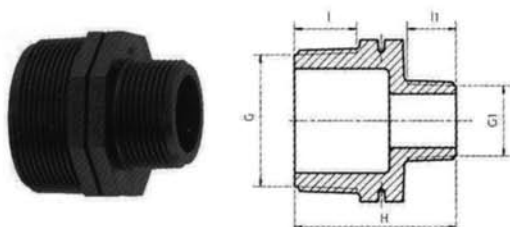
## Codo de 90° rosca - campana



| G1 x G1         | A  | I2 | UB | UC   | W   |
|-----------------|----|----|----|------|-----|
| 1/2" x 1/2"     | 29 | 17 | 10 | 1000 | 22  |
| 3/4" x 3/4"     | 32 | 18 | 10 | 700  | 31  |
| 1" x 1"         | 41 | 21 | 10 | 400  | 45  |
| 1 1/4" x 1 1/4" | 48 | 25 | 10 | 200  | 87  |
| 1 1/2" x 1 1/2" | 54 | 25 | 5  | 150  | 116 |
| 2" x 2"         | 65 | 30 | 5  | 80   | 157 |

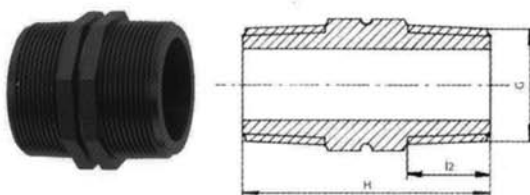
\* con anillo de refuerzo

## Niple reductor



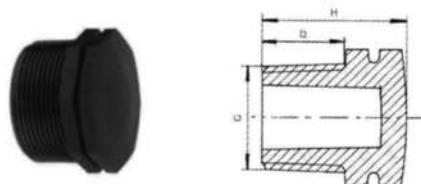
| G x G1          | H    | I    | I2   | UB | UC   | W  |
|-----------------|------|------|------|----|------|----|
| 3/4" x 1/2"     | 46.5 | 16.5 | 15.5 | 10 | 1500 | 10 |
| 1" x 1/2"       | 48.5 | 18.5 | 15.5 | 10 | 800  | 17 |
| 1" x 3/4"       | 49.5 | 18.5 | 16.5 | 10 | 800  | 18 |
| 1 1/4" x 1/2"   | 53   | 21   | 15.5 | 10 | 500  | 28 |
| 1 1/4" x 3/4"   | 54   | 21   | 16.5 | 10 | 500  | 29 |
| 1 1/4" x 1"     | 56   | 21   | 18.5 | 10 | 500  | 31 |
| 1 1/2" x 1/2"   | 54   | 21   | 15.5 | 5  | 500  | 35 |
| 1 1/2" x 3/4"   | 55   | 21   | 16.5 | 5  | 500  | 34 |
| 1 1/2" x 1"     | 57   | 21   | 18.5 | 5  | 400  | 37 |
| 1 1/2" x 1 1/4" | 59   | 21   | 21   | 5  | 400  | 40 |
| 2" x 1/2"       | 57.5 | 25   | 15.5 | 5  | 280  | 51 |
| 2" x 3/4"       | 58.5 | 25   | 16.5 | 5  | 260  | 52 |
| 2" x 1"         | 60.5 | 25   | 18.5 | 5  | 260  | 54 |
| 2" x 1 1/4"     | 63   | 25   | 21   | 5  | 240  | 58 |
| 2" x 1 1/2"     | 63   | 25   | 21   | 5  | 240  | 59 |

## Niple doble



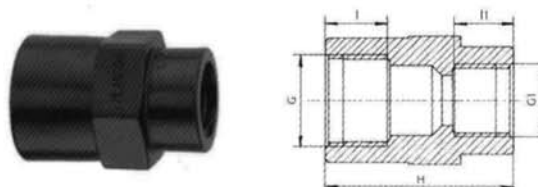
| G x G           | H  | I2 | UB | UC   | W  |
|-----------------|----|----|----|------|----|
| 1/2" x 1/2"     | 45 | 15 | 10 | 2000 | 8  |
| 3/4" x 3/4"     | 49 | 17 | 10 | 1500 | 12 |
| 1" x 1"         | 55 | 19 | 10 | 800  | 23 |
| 1 1/4" x 1 1/4" | 60 | 22 | 10 | 400  | 35 |
| 1 1/2" x 1 1/2" | 61 | 22 | 5  | 300  | 48 |
| 2" x 2"         | 71 | 26 | 5  | 180  | 78 |

## Tapón rosca - espiga



| G      | H  | I2 | UB | UC   | W  |
|--------|----|----|----|------|----|
| 3/8"   | 24 | 13 | 10 | 4500 | 5  |
| 1/2"   | 29 | 16 | 10 | 2500 | 8  |
| 3/4"   | 31 | 17 | 10 | 1500 | 12 |
| 1"     | 34 | 19 | 10 | 1000 | 17 |
| 1 1/4" | 38 | 22 | 10 | 700  | 26 |
| 1 1/2" | 39 | 22 | 10 | 500  | 38 |
| 2"     | 45 | 26 | 10 | 300  | 60 |

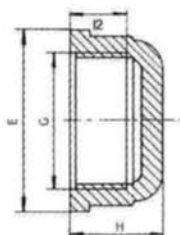
## Manguito reductor rosca hembra-hembra



| G x G1      | H  | I  | I2 | UB | UC  | W  |
|-------------|----|----|----|----|-----|----|
| 3/4" x 1/2" | 54 | 20 | 18 | 10 | 800 | 25 |

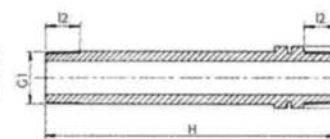


## Tapón rosca campana



| G      | E    | H    | I2   | UB | UC   | W  |
|--------|------|------|------|----|------|----|
| 1/2"   | 37   | 25   | 14.5 | 10 | 1600 | 13 |
| 3/4"   | 41.5 | 26   | 16   | 10 | 1500 | 14 |
| 1"     | 49.5 | 31.5 | 19   | 10 | 800  | 27 |
| 1 1/4" | 59   | 34   | 21.5 | 10 | 500  | 39 |
| 1 1/2" | 64.5 | 34   | 21   | 10 | 450  | 43 |
| 2"     | 80   | 39   | 25   | 5  | 250  | 78 |

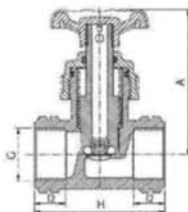
## Espiga roscada



| G x G1          | H     | I2   | E  | UB | UC  | W   |
|-----------------|-------|------|----|----|-----|-----|
| 1/2" x 1/2"     | 150   | 17.5 | 22 | 10 | 600 | 30  |
| 3/4" x 1/2"     | 112.5 | 17.5 | 27 | 10 | 500 | 26  |
| 3/4" x 3/4"     | 150   | 17.5 | 27 | 10 | 400 | 44  |
| 1 1/4" x 1 1/4" | 150   | 22   | 46 | 5  | 150 | 93  |
| 1 1/2" x 1 1/4" | 150   | 22   | 50 | 5  | 140 | 115 |
| 1 1/2" x 1 1/2" | 150   | 22   | 50 | 5  | 140 | 120 |

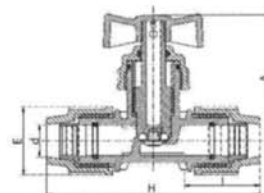
## Válvulas

## Válvula de línea rosca campana



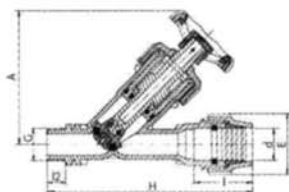
| G x G       | H  | I2 | A  | UB | UC  | W   |
|-------------|----|----|----|----|-----|-----|
| 3/4" x 3/4" | 78 | 18 | 92 | 5  | 140 | 115 |
| 1" x 1"     | 82 | 20 | 92 | 5  | 120 | 129 |

## Válvula de línea compresión



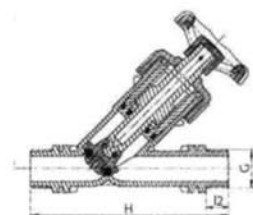
| d x d   | E  | H   | I  | A   | UB | UC  | W   |
|---------|----|-----|----|-----|----|-----|-----|
| 20 x 20 | 48 | 147 | 58 | 101 | 5  | 120 | 160 |
| 25 x 25 | 54 | 157 | 60 | 91  | 5  | 100 | 190 |
| 32 x 32 | 64 | 163 | 70 | 95  | 5  | 70  | 250 |

## Válvula de asiento angular – compresión – rosca espiga



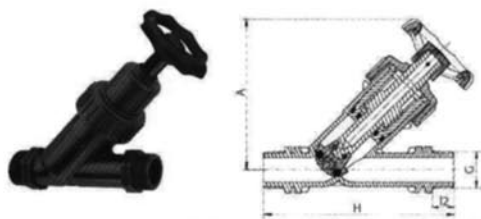
| G x d       | E   | H   | I   | I2 | A   | UB | UC  | W    |
|-------------|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|------|
| 20 x 1/2"   | 48  | 172 | 58  | 16 | 113 | —  | 100 | 176  |
| 25 x 3/4"   | 54  | 187 | 60  | 18 | 121 | —  | 80  | 238  |
| 32 x 1"     | 64  | 212 | 70  | 20 | 140 | —  | 50  | 360  |
| 40 x 1 1/4" | 82  | 258 | 86  | 22 | 180 | —  | 26  | 618  |
| 50 x 1 1/2" | 96  | 296 | 98  | 22 | 207 | —  | 17  | 939  |
| 63 x 2"     | 113 | 338 | 112 | 26 | 246 | —  | 10  | 1518 |

## Válvula de asiento angular – rosca espiga



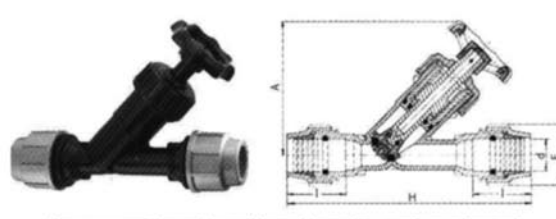
| G x G           | H   | I2 | A   | UB | UC  | W    |
|-----------------|-----|----|-----|----|-----|------|
| 1/2" x 1/2"     | 134 | 16 | 113 | 5  | 120 | 136  |
| 3/4" x 3/4"     | 151 | 18 | 121 | 5  | 100 | 191  |
| 1" x 1"         | 170 | 20 | 140 | —  | 70  | 280  |
| 1 1/4" x 1 1/4" | 200 | 22 | 180 | —  | 40  | 474  |
| 1 1/2" x 1 1/2" | 225 | 22 | 207 | —  | 24  | 733  |
| 2" x 2"         | 254 | 26 | 246 | —  | 15  | 1186 |

## Válvula de asiento angular - rosca espiga



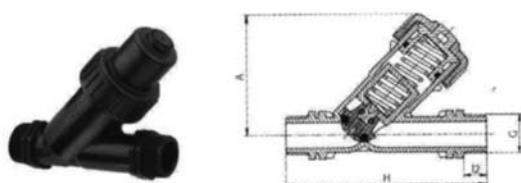
| G x G           | H   | I2 | A   | UB | UC  | W    |
|-----------------|-----|----|-----|----|-----|------|
| 1/2" x 1/2"     | 134 | 16 | 113 | 5  | 120 | 136  |
| 3/4" x 3/4"     | 151 | 18 | 121 | 5  | 100 | 191  |
| 1" x 1"         | 170 | 20 | 140 | —  | 70  | 280  |
| 1 1/4" x 1 1/4" | 200 | 22 | 180 | —  | 40  | 474  |
| 1 1/2" x 1 1/2" | 225 | 22 | 207 | —  | 24  | 733  |
| 2" x 2"         | 254 | 26 | 246 | —  | 15  | 1208 |

## Válvula de asiento angular – compresión



| d x d   | E  | H   | I  | A   | UB | UC | W   |
|---------|----|-----|----|-----|----|----|-----|
| 32 x 32 | 64 | 254 | 70 | 140 | —  | 40 | 438 |

## Válvula de flujo



| G x G           | H   | I2 | A   | UB | UC  | W   |
|-----------------|-----|----|-----|----|-----|-----|
| 3/4" x 3/4"     | 151 | 18 | 92  | 5  | 140 | 141 |
| 1" x 1"         | 170 | 20 | 106 | 5  | 100 | 229 |
| 1 1/4" x 1 1/4" | 200 | 22 | 134 | —  | 55  | 382 |
| 1 1/2" x 1 1/2" | 225 | 22 | 155 | —  | 35  | 586 |
| 2" x 2"         | 254 | 26 | 182 | —  | 20  | 975 |

## Válvula de acople rápido



| G    | H   | I2 | UB | UC  | W   |
|------|-----|----|----|-----|-----|
| 3/4" | 146 | 17 | 5  | 150 | 144 |
| 1"   | 148 | 18 | 5  | 150 | 148 |

## Conexión de acople rápido



| G    | H   | I2 | UB | UC  | W  |
|------|-----|----|----|-----|----|
| 3/4" | 173 | 18 | 5  | 250 | 66 |

## **IBNORCA: Instituto Boliviano de Normalización y Calidad**

IBNORCA creado por Decreto Supremo N° 23489 de fecha 1993-04-29 y ratificado como parte componente del Sistema Boliviano de la Calidad (SNMAC) por Decreto Supremo N°24498 de fecha 1997-02-17, es la Organización Nacional de Normalización responsable del estudio y la elaboración de Normas Bolivianas.

Representa a Bolivia ante los organismos Subregionales, Regionales e Internacionales de Normalización, siendo actualmente miembro activo del Comité Andino de Normalización CAN, de la Asociación MERCOSUR de Normalización AMN, miembro pleno de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas COPANT, miembro de la International Electrotechnical Commission IEC y miembro correspondiente de la International Organization for Standardization ISO.

### **Revisión**

Esta norma está sujeta a ser revisada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

### **Características de aplicación de Normas Bolivianas**

Como las normas técnicas se constituyen en instrumentos de ordenamiento tecnológico, orientadas a aplicar criterios de calidad, su utilización es un compromiso concienical y de responsabilidad del sector productivo y de exigencia del sector consumidor.

### **Información sobre Normas Técnicas**

IBNORCA, cuenta con un Centro de Información y Documentación que pone a disposición de los interesados Normas Internacionales, Regionales, Nacionales y de otros países.

### **Derecho de Propiedad**

IBNORCA tiene derecho de propiedad de todas sus publicaciones, en consecuencia la reproducción total o parcial de las Normas Bolivianas está completamente prohibida.

MINISTERIO DEL AGUA  
VICEMINISTERIO DE SERVICIOS BÁSICOS

## Productos químicos para uso industrial - Cal viva y cal hidratada

Primera revisión

ICS 71.060.10 Elementos químicos

Abril 2007



Ministerio del Agua  
Viceministerio de  
Servicios Básicos



## Prefacio

La revisión y actualización de la Norma Boliviana **NB 647-07 “Productos químicos para uso industrial - Cal viva y cal hidratada (Primera revisión)”**, ha sido encomendada al Comité Técnico de Normalización **CTN 7.3 “Productos químicos”**.

Las instituciones y representantes que participaron fueron los siguientes:

| <b>REPRESENTANTE</b> | <b>INSTITUCIÓN</b>    |
|----------------------|-----------------------|
| Reynaldo Villalba    | UNI/VSB (Coordinador) |
| Luís Víctor Rico     | ABIS                  |
| José Luís Castagné   | ABIS                  |
| Grover Rivera        | IIS-UMSA              |
| José Díaz            | IIS-UMSA              |
| Ronny Vega           | ANESAPA               |
| Leonardo Cuaquira    | CONSULTOR             |
| Fernando Inchauste   | CONSULTOR             |
| Humberto Obleas      | CONSULTOR             |
| Patricia Ancalle     | CONSULTOR             |
| Gonzalo Dalence E.   | IBNORCA               |

Fecha de aprobación por el Comité Técnico de Normalización 2007-02-12

Fecha de aprobación por el Consejo Rector de Normalización 2007-03-29

Fecha de aprobación por la Junta Directiva del IBNORCA 2007-04-13

## Informe

La actualización de esta Norma fue realizada por el Viceministerio de Servicios Básicos/ Ministerio del Agua, a la cabeza del Ing. Alcides Franco Torrico, Viceministro de Servicios Básicos, con financiamiento del Proyecto de Asistencia Técnica/ASDI y la supervisión de la Unidad de Normas e Institucionalidad del Viceministerio de Servicios Básicos.

Esta Norma ha sido elaborada en el marco de una consultoría y su revisión y aprobación fueron realizadas por el Comité Técnico de Normalización CTN 7.3.

Asimismo, la revisión de esta Norma se realizó en talleres técnicos regionales en las ciudades de Cochabamba, Santa Cruz y La Paz, con la participación y el aporte de los siguientes profesionales e instituciones:

### VALLE

|                  |                   |                   |                     |
|------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Severo Vega      | ABIS – Cochabamba | Edgar Armaza      | SEMAPA              |
| Jhony Pérez      | ABIS – Cochabamba | Carlos Peláez     | SEMAPA              |
| Marcelo Crespo   | ABIS – Cochabamba | Jorge Heredia     | SEMAPA              |
| Julio Fuentes    | ABIS – Cochabamba | Leonardo Salinas  | SEMAPA              |
| J. Carlos Guzmán | GM – Cochabamba   | Vanesa Selaya     | SEMAPA              |
| Cristian Cuellar | GM – Cochabamba   | Vladimir Valda    | ELAPAS – Sucre      |
| Franco Burgulla  | GM – Quillacollo  | Edgar A. Nava     | ELAPAS – Sucre      |
| Eduard Montalvo  | GM – Tapacarí     | Marcelo Encalada  | FUNDACION SODIS     |
| Jorge P. Vargas  | GM – Tapacarí     | Leonardo Anaya    | AGUILAR & ASOCIADOS |
| Julio Mercado    | GM – Colcapirhua  | Edwing Miranda    | FHI                 |
| Luis Coca        | FPS – Cochabamba  | Franklin Antezana | EMPROCIV SRL        |
| Jenny Rojas      | CASA – UMSS       | Oscar Zelada      | EMPRESIB            |
| Fernando Pérez   | AMDECO            | Wilfredo Veizaga  | MONTERREY SRL       |
| Ronald Baldellon | MACOTI            | José Veizaga      | MONTERREY SRL       |
| Mirtha Baptista  | CONSULTORA        | Marcelo Calizaya  | CONSULTOR           |

### TRÓPICO

|                    |                     |                    |                    |
|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Marco A. Gutiérrez | VSBS – PROAT        | Rolando de Chazal  | SAGUAPAC           |
| Alexis Meruvia     | VSBS – PROAT        | Milton Von Borries | SAGUAPAC           |
| Eduardo Ugarteche  | ABIS Santa Cruz     | Erwin Medrano      | SAGUAPAC           |
| Guido Casso        | SIB Santa Cruz      | Roberto Cruz       | ACSAACRUZ          |
| Mauricio Flores    | SIB Santa Cruz      | Eladio Arequino    | COOP. SAJUBA       |
| Luisa Dorado       | PREFECTURA SCZ      | Ciriaco Coro       | COOP. SAJUBA       |
| Saud Yuja Gomez    | GM Trinidad, Beni   | Teresa Romero      | COOP. SAJUBA       |
| Ramiro Plaza       | FPS Santa Cruz      | Luis Bravo         | COOP. EL CARMEN    |
| Eduardo Cuestas    | FPS Santa Cruz      | Ariel Méndez       | COOP. COSPOL       |
| Germán Palenque    | UAGRM               | David Saavedra     | COOP. COSPOL       |
| Efraín Capobianco  | UAGRM – SIMAC       | José A. Chacón     | COSIMBO LTDA       |
| Juan E. Ribera     | UAGRM – SIMAC       | Rubén Angulo       | RAS – AVALUOS      |
| Silvana Balcázar   | CADECO – Santa Cruz | Mario E. Sandy     | PLAN INTERNACIONAL |
| José L. Padilla    | CONSULTOR           |                    |                    |

**ALTIPLANO**

|                    |                |                     |                     |
|--------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| Marco A. Gutiérrez | VSBS – PROAT   | Carlos España       | UMSA Postgrado      |
| Alexis Meruvia     | VSBS – PROAT   | Ángel Aliaga        | UMSA – IIH          |
| Víctor Rico        | ABIS – La Paz  | Gualberto Gutiérrez | UTO                 |
| Jose L. Castagné   | ABIS – La Paz  | Armando Garnica     | UTO                 |
| Orlando Camacho    | ABIS – La Paz  | Amilkar Ilaya       | UTO                 |
| Oswaldo Sánchez    | ABIS – La Paz  | Lina Fernández      | UTO                 |
| Iván Bolívar       | PREFECTURA LP  | José Huanca         | CARITAS             |
| Marcial Medina     | PREFECTURA LP  | Adolfo Gallardo     | ISERV ARQUITECTURA  |
| Edson Aranibar     | PREFECTURA LP  | Israel Antequera    | GREGORY MORRIS      |
| Carlos R. Morales  | PREFECTURA PT  | Daly Salvatierra    | AGUILAR & ASOCIADOS |
| Marco A. Gómez     | PREFECTURA PT  | Marvin Botello      | PLAMAT S.A.         |
| Ronald Beltrán     | GM – La Paz    | Gonzalo Vargas      | PLASMAR S.A.        |
| Carlos García      | GM – La Paz    | Oscar Quiroga       | PLASMAR S.A.        |
| Ramiro Encinas     | FPS – Nacional | Marcelo Barrero     | SUMINDUS            |
| Eufacio Choque     | FPS – La Paz   | Alfonso Pomarino    | CONSULTOR           |
| Alexandra Sandi    | FPS – La Paz   | Francisco Alvizuri  | CONSULTOR           |
| Ingrid Vásquez     | FNDR           | Juan C. Fernández   | CONSULTOR           |
| Hugo Jiménez       | SISAB          | Humberto Cordero    | CONSULTOR           |
| Roger Yugar        | PROAGUAS       | Leonardo Cuaquira   | CONSULTOR           |
| Juan Correa        | AAPOS – Potosí |                     |                     |

**ELABORACIÓN:**

|                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| Fernando Inchauste Morales | Consultor principal |
| Humberto Obleas Arandia    | Consultor           |
| Patricia Ancalle Mamani    | Consultora          |

**FINANCIADOR:**

Agencia Sueca de Cooperación para el  
para el Desarrollo Internacional (Asdi)

# ÍNDICE

Página

|          |                                           |            |
|----------|-------------------------------------------|------------|
| <b>0</b> | <b>INTRODUCCIÓN .....</b>                 | <b>165</b> |
| 0.1      | Sistema de Unidades .....                 | 165        |
| 0.2      | Variables .....                           | 165        |
| 0.3      | Abreviaturas.....                         | 165        |
| <b>1</b> | <b>OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN .....</b> | <b>165</b> |
| <b>2</b> | <b>REFERENCIAS .....</b>                  | <b>166</b> |
| <b>3</b> | <b>DEFINICIONES .....</b>                 | <b>166</b> |
| 3.1      | Cal viva .....                            | 166        |
| 3.2      | Cal hidratada .....                       | 166        |
| 3.3      | Fabricante .....                          | 166        |
| 3.4      | Comprador .....                           | 166        |
| 3.5      | Vendedor .....                            | 166        |
| <b>4</b> | <b>CLASIFICACIÓN.....</b>                 | <b>166</b> |
| 4.1      | Cal viva .....                            | 166        |
| 4.1.1    | Cales grasas .....                        | 167        |
| 4.1.2    | Cales magras .....                        | 167        |
| 4.2      | Cal hidratada .....                       | 167        |
| <b>5</b> | <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....</b>    | <b>167</b> |
| 5.1      | Descripción .....                         | 167        |
| 5.1.1    | Especificaciones técnicas .....           | 167        |
| 5.1.1.1  | Cal viva .....                            | 167        |
| 5.1.1.2  | Cal hidratada .....                       | 168        |
| 5.2      | Requisitos .....                          | 168        |
| 5.2.1    | Requisitos físicos.....                   | 168        |
| 5.2.1.1  | Equipo alimentador de material seco ..... | 168        |
| 5.2.1.2  | Equipo neumático .....                    | 168        |
| 5.2.1.3  | Equipo mecánico .....                     | 169        |
| 5.2.2    | Requisitos químicos .....                 | 169        |
| 5.2.2.1  | Cal viva .....                            | 169        |
| 5.2.2.2  | Cal hidratada .....                       | 169        |
| 5.3      | Impurezas .....                           | 169        |
| 5.3.1    | Impurezas generales .....                 | 169        |
| 5.3.2    | Límites específicos de impurezas.....     | 169        |
| <b>6</b> | <b>MÉTODOS DE ENSAYO .....</b>            | <b>169</b> |
| 6.1      | Muestreo general y tipos de ensayo .....  | 169        |
| 6.1.1    | Muestreo general.....                     | 169        |
| 6.1.1.1  | Muestreo.....                             | 169        |
| 6.1.1.2  | Tamaño .....                              | 170        |
| 6.1.1.3  | Método.....                               | 170        |
| 6.1.1.4  | Manejo de las muestras.....               | 171        |
| 6.1.2    | Tipos de ensayos.....                     | 171        |
| 6.2      | Ensayo granulométrico .....               | 171        |
| 6.2.1    | Resumen del método.....                   | 171        |



|          |                                                                     |            |
|----------|---------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.2.2    | Aparatos .....                                                      | 172        |
| 6.2.3    | Muestreo .....                                                      | 172        |
| 6.2.4    | Preparación de la muestra.....                                      | 172        |
| 6.2.5    | Procedimiento .....                                                 | 172        |
| 6.2.5.1  | Para equipo alimentador de material seco .....                      | 172        |
| 6.2.5.2  | Para equipo neumático .....                                         | 172        |
| 6.2.5.3  | Para equipo mecánico .....                                          | 172        |
| 6.2.6    | Interpretación de resultados .....                                  | 173        |
| 6.3      | Ensayo de la determinación del óxido de calcio disponible.....      | 173        |
| 6.3.1    | Resumen del método.....                                             | 173        |
| 6.3.2    | Reactivos .....                                                     | 173        |
| 6.3.3    | Muestreo .....                                                      | 173        |
| 6.3.3.1  | Cal viva .....                                                      | 173        |
| 6.3.3.2  | Cal hidratada .....                                                 | 174        |
| 6.3.3.3  | Muestra compuesta .....                                             | 174        |
| 6.3.4    | Preparación de la muestra.....                                      | 174        |
| 6.3.5    | Procedimiento .....                                                 | 174        |
| 6.3.6    | Interpretación de resultados .....                                  | 175        |
| 6.3.6.1  | Cálculo del CaO.....                                                | 175        |
| 6.3.6.2  | Determinación del $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .....                    | 175        |
| 6.3.6.3  | Cálculo para $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .....                         | 175        |
| 6.4      | Ensayo para determinar la velocidad de apagado .....                | 175        |
| 6.4.1    | Resumen del método.....                                             | 175        |
| 6.4.1.1  | Principio .....                                                     | 175        |
| 6.4.2    | Aparatos .....                                                      | 176        |
| 6.4.3    | Muestreo .....                                                      | 176        |
| 6.4.4    | Preparación de la muestra.....                                      | 176        |
| 6.4.5    | Procedimiento .....                                                 | 176        |
| 6.4.5.1  | Ensamble de agitador mecánico .....                                 | 177        |
| 6.4.6    | Interpretación de resultados .....                                  | 179        |
| 6.5      | Ensayo para la determinación de la materia insoluble objetable..... | 180        |
| 6.5.1    | Resumen del método.....                                             | 180        |
| 6.5.2    | Aparatos .....                                                      | 180        |
| 6.5.3    | Muestreo .....                                                      | 180        |
| 6.5.4    | Preparación de la muestra.....                                      | 181        |
| 6.5.5    | Procedimiento .....                                                 | 181        |
| 6.5.6    | Interpretación de resultados .....                                  | 181        |
| 6.6      | Repetición de pruebas .....                                         | 182        |
| 6.7      | Rechazo.....                                                        | 182        |
| 6.7.1    | Criterios de rechazo de la cal viva.....                            | 182        |
| 6.7.2    | Cal hidratada .....                                                 | 182        |
| 6.7.3    | Informe de no conformidad.....                                      | 182        |
| 6.8      | Retiro del material.....                                            | 183        |
| <b>7</b> | <b>INSPECCIONES Y CERTIFICACIONES .....</b>                         | <b>183</b> |
| 7.1      | Certificación de peso .....                                         | 183        |
| 7.1.1    | Peso neto.....                                                      | 183        |
| 7.2      | Certificación de cumplimiento .....                                 | 183        |
| <b>8</b> | <b>EMPAQUE, ENVÍO, MANEJO Y ROTULADO.....</b>                       | <b>183</b> |
| 8.1      | Empaque y envío .....                                               | 183        |
| 8.1.1    | Cal viva .....                                                      | 183        |
| 8.1.2    | Cal pulverizada .....                                               | 183        |
| 8.1.3    | Cal hidratada .....                                                 | 183        |
| 8.2      | Manejo .....                                                        | 183        |
| 8.3      | Rotulado .....                                                      | 184        |
| <b>9</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                                            | <b>184</b> |

## Productos químicos para uso industrial - Cal viva y cal hidratada

### 0 INTRODUCCIÓN

#### 0.1 Sistema de Unidades

|                 |                         |
|-----------------|-------------------------|
| cm              | centímetro              |
| cm <sup>3</sup> | centímetro cúbico       |
| g               | gramo                   |
| l               | litro                   |
| m               | metro                   |
| ml              | mililitro               |
| min             | minuto                  |
| mm              | milímetro               |
| plg             | pulgada                 |
| kg              | kilogramo               |
| rpm             | revoluciones por minuto |
| s               | segundo                 |
| %               | porcentaje              |
| °C              | grados Celsius          |

#### 0.2 Variables

|                     |                             |              |
|---------------------|-----------------------------|--------------|
| CaO                 | óxido de calcio             | adimensional |
| Ca(OH) <sub>2</sub> | hidróxido de calcio         | adimensional |
| HCl                 | ácido hidroclicóric         | adimensional |
| CO <sub>2</sub>     | dióxido de carbono          | adimensional |
| M                   | materia insoluble objetable | %            |
| A                   | residuo                     | g            |

#### 0.3 Abreviaturas

|      |                                       |
|------|---------------------------------------|
| ANSI | American National Standards Institute |
| AWWA | American Water Works Association      |

### 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece criterios para clasificación de la cal, especificaciones técnicas, requisitos físicos y químicos e impurezas, asimismo, métodos de ensayo del material y criterios para sus certificaciones e inspecciones además de su empaque, envío y rotulado.

Esta norma se aplica a la cal viva en forma de guijarros, terrones o molida, así como la cal hidratada empleada en el tratamiento de agua.

La aplicación de la cal y de otros materiales apropiados como coadyuvantes de coagulación utilizados para el tratamiento de aguas, se establece en la tabla 10.26 de NB 689.

## **2 REFERENCIAS**

Las normas de referencia que se presentan en la norma, contienen disposiciones y requisitos que son parte de esta norma y se consideran valederas para la presente norma.

En caso de conflicto prevalecerá lo establecido en esta norma.

NB 689 Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua potable

## **3 DEFINICIONES**

Para el propósito de esta norma se aplican las siguientes definiciones:

### **3.1 Cal viva**

Producto resultante de la calcinación de la piedra caliza, de las conchas o equivalentes (tal como el sedimento seco de un proceso de reblandecimiento de la caliza en un análisis apropiado). Esencialmente consiste en una asociación natural de óxido de calcio con una cantidad menor de óxido de magnesio.

### **3.2 Cal hidratada**

Polvo finamente dividido resultante de la hidratación de la cal viva con una cantidad suficiente de agua para satisfacer su afinidad química. Es esencialmente hidróxido de calcio o una mezcla de hidróxido de calcio e hidróxido de magnesio, dependiendo del tipo de cal viva empleada en el proceso de apagado.

### **3.3 Fabricante**

Entidad que manufactura, fabrica o produce materiales o productos.

### **3.4 Comprador**

Persona, compañía u organización que compra cualquier material o servicio.

### **3.5 Vendedor**

Parte que suministra materiales o servicios. Un vendedor (proveedor) puede o no ser fabricante.

## **4 CLASIFICACIÓN**

La cal se clasifica de acuerdo con los siguientes criterios:

### **4.1 Cal viva**

La cal viva es aquel material que cuenta con la presencia de un 90 % de óxido de calcio disponible en el material suministrado, además de las características propias particulares establecida en la presente norma.

Según el % de óxido de calcio que contengan las cales vivas, se clasifican en dos variedades:

#### **4.1.1 Cales grasas**

Son las más blancas, fabricadas con piedras calizas de gran pureza, que en presencia de agua reaccionan con fuerte desprendimiento de calor.

#### **4.1.2 Cales magras**

Son más amarillentas, más impuras porque poseen sustancias como arcilla, óxido de magnesio, etc., que en presencia de agua reaccionan con poco desprendimiento de calor.

#### **4.2 Cal hidratada**

La cal hidratada, tiene la presencia de al menos 68 % de óxido de calcio disponible, además de las características propias particulares establecidas en las presentes normas.

### **5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

#### **5.1 Descripción**

##### **5.1.1 Especificaciones técnicas**

La cal debe suministrarse bajo los siguientes criterios:

##### **5.1.1.1 Cal viva**

La cal viva debe contar con la presencia de un 90 % de óxido de calcio disponible en el material suministrado, junto con una escala de bonificación para porcentajes superiores de óxido de calcio disponible y una escala de penalización para porcentajes inferiores.

La cal viva debe ser de “apagado rápido” y debe apagar satisfactoriamente, además de desintegrarse fácilmente en una suspensión de material finamente dividido sin que se produzcan cantidades indeseables de materia insoluble en agua o sin apagar en el apagador.

Las escalas de bonificación y de penalización deben basarse en el contenido disponible de óxido de calcio (véase 6.3).

Dichas escalas son las siguientes:

- una bonificación de 2 % por cada 1 %, o fracción, de contenido óxido de calcio disponible por encima del 90 %
- una penalización de 2 % por cada 1 %, o fracción, de deficiencia en el contenido de óxido de calcio disponible con relación al 90 % y hasta el 80 % inclusive

Un “apagado rápido” satisfactorio producirá, por lo general, una elevación de temperatura en el material de 40 °C en 3 min. La reacción debe completarse en un período no mayor de 10 min cuando la cal se somete a ensayo para determinar la velocidad de apagado (véase 6.4).

La cal viva de características satisfactorias para el tratamiento del agua, apagará sin producir cantidades indeseables de material insoluble.

### **5.1.1.2 Cal hidratada**

La cal hidratada debe contar con un 68 % de contenido de óxido de calcio disponible, junto con una escala de bonificación para porcentajes superiores y una escala de penalización para porcentajes inferiores.

Las escalas de bonificación y de penalización para el contenido de óxido de calcio disponible son las siguientes:

- una bonificación de un 2 % por cada 1 %, o fracción, de contenido de óxido de calcio disponible por encima del valor de 68 %.
- una penalización de 2 % por cada 1 %, o fracción, por deficiencia en el contenido de óxido de calcio disponible con relación al 68 % y hasta un 62 % inclusive.

El comprador puede definir escalas de bonificación y de penalización diferentes con el propósito de satisfacer condiciones particulares, o, por el contrario, puede renunciar a la utilización de tales escalas y simplemente solicitar que el contenido de óxido de calcio disponible sea por lo menos igual a la cantidad de referencia, siempre y cuando se haya acordado previamente con el vendedor.

## **5.2 Requisitos**

### **5.2.1 Requisitos físicos**

El tamaño máximo de la cal se determina en función de satisfacer los requisitos de los diferentes tipos de equipos que se utilizarán en su manipulación o uso.

#### **5.2.1.1 Equipo alimentador de material seco**

Si la cal viva se utiliza mediante una máquina alimentadora de material seco, se deberá, en las instalaciones del vendedor, triturar y cribar de tal modo que no se retenga nada en un tamiz de 19 mm (3/4 plg) y que no pase más de un 5 % por el tamiz patrón N° 100 US (la cal suave puede generar algunos granos finos durante un proceso vigoroso de cribado. Con el propósito de disminuir esta posibilidad, es aconsejable emplear un tamiz intermedio de 9,51 mm (3/8 plg), que reducirá la carga sobre un tamiz patrón N° 100 US y con ese procedimiento se reduce la acción pulverizadora de la cal contra la cal. Si el análisis del tamizado del comprador indica que más del 5 % pasa un tamiz patrón N° 100 US, el comprador puede solicitar que el análisis de cribado se realice en el lugar del cargamento).

La cal hidratada debe ser blanca, seca, finamente pulverizada y libre de cúmulos de cualquier material extraño que pudiera interferir con la operación de la máquina alimentadora de material seco. La uniformidad del tamaño de la partícula es una característica importante, la cual podrá ser definida y exigida por el comprador.

#### **5.2.1.2 Equipo neumático**

Si la cal viva se va a manipular en o con un equipo de transporte neumático, se deberá triturar y cribar de tal manera que no se retenga material en un tamiz de 25 mm (1 plg) y que no más de un 5 % pase por un tamiz patrón N° 100 US. Estas operaciones deberán realizarse en la planta del fabricante.

### **5.2.1.3 Equipo mecánico**

Si la cal viva va a ser manipulada por un equipo de transporte mecánico adecuado, los trozos de cal no deben ser superiores a 51 mm, excepto piezas laminares que pueden alcanzar una longitud de hasta 76 mm.

## **5.2.2 Requisitos químicos**

### **5.2.2.1 Cal viva**

La cal viva no debe tener menos de un 80 % de óxido de calcio disponible (véanse 5.1.1.1, 6.7 y 6.8).

Deberá elevar la temperatura en una cantidad superior a los 10 °C en 3 min y alcanzar la temperatura máxima, como mínimo, en 20 min en el proceso de apagado de acuerdo con lo establecido (véase 6.4).

La cal viva suministrada bajo los criterios de esta norma debe haber sido quemada recientemente y estar fundamentalmente libre de sólidos de carbonato y residuos silíceos. A menos que exista un acuerdo previo entre el comprador y el vendedor, no más de un 5% de la cal viva debe ser material insoluble (véase 6.5).

### **5.2.2.2 Cal hidratada**

La cal hidratada no debe tener menos de un 62 % de óxido de calcio disponible, el cual es equivalente al 81,9 % de hidróxido de calcio.

## **5.3 Impurezas**

### **5.3.1 Impurezas generales**

La cal viva e hidratada suministrada de acuerdo con los criterios de esta norma no debe contener material soluble o sustancias orgánicas en cantidades capaces de producir efectos nocivos o perjudiciales para la salud de aquellos que van a consumir el agua tratada con estos productos.

### **5.3.2 Límites específicos de impurezas**

La cal viva o hidratada no debe contener impurezas superiores a las cantidades establecidas en el Water Chemicals Codex.

## **6 MÉTODOS DE ENSAYO**

### **6.1 Muestreo general y tipos de ensayo**

#### **6.1.1 Muestreo general**

##### **6.1.1.1 Muestreo**

Con el propósito de minimizar el contacto con el aire, las muestras deben tomarse tan pronto como sea posible, en el punto de destino y deben colocarse inmediatamente en un recipiente hermético y a prueba de humedad.

### **6.1.1.2 Tamaño**

El tamaño de la muestra debe ser tomada de acuerdo a lo siguiente:

Cuando el material se encuentre a granel, en terrón o finamente dividido deberán tomarse como mínimo 22,7 kg de muestra por cada 22,7 toneladas métricas de material.

Cuando se trate de una producción entre 22,7 y 45,4 toneladas métricas semanales, deberán tomarse una muestra compuesta de la producción semanal y se deberá guardar en un recipiente hermético. Cuando sea apropiado, se debe extraer una muestra compuesta de la producción diaria.

Si la producción o el envío es inferior a 22,7 toneladas métricas semanales, debe obtenerse de cada producción o envío una muestra de 14,5 kg para realizar los ensayos.

### **6.1.1.3 Método**

El método de muestreo será el siguiente:

Para el caso de material empacado en bolsas y transportado en furgones o camiones, por lo menos el 2 % del material ha de ser sometidos al proceso de muestreo. Cada muestra se ha de tomar de posiciones distintas en el furgón o camión. Se debe evitar tomar muestras de bolsas rotas.

En el caso de material pulverizado y empacado en bolsas, se deberá emplear una muestra con un diámetro no inferior a 13 mm, se debe introducir en forma lateral en la bolsa, de tal manera que tome una fracción de cal en forma espaciada uniformemente de toda la longitud de la bolsa.

Cuando la manipulación del material se lleve a cabo mediante transportador o elevador, se podrá utilizar un muestreador mecánico, teniendo el cuidado de ajustar su colocación y el tiempo de muestreo con el fin de obtener una muestra representativa.

Para material que contenga terrones y sea transportado ya sea en furgones, vehículos u otros o sea a granel, los puntos de muestreo deben seleccionarse uniformemente sobre toda la superficie del material. Se deben seleccionar un mínimo de ocho puntos localizados a intervalos regulares. En cada uno de esos puntos deberá tomarse la muestra a una profundidad de 1,22 m por debajo de la superficie superior de la caliza en el banco establecido (que puede ser el transporte).

En el caso de material a granel finamente dividido, se deberá realizar el muestreo mediante una muestra, que tome una cantidad de caliza de por lo menos 25 mm de diámetro. Las muestras deberán tomarse por lo menos en ocho partes diferentes con el propósito de garantizar su representatividad. Es satisfactorio el uso de una muestra que tenga una longitud de 1,52 m.

Es claro que en el caso de entregas de material mediante transporte, la toma de muestras en las diferentes partes no es igualmente factible, razón por la cual el criterio del encargado de tomar la muestra debe primar. Se debe llevar un archivo del método empleado y los puntos elegidos para la realización del muestreo. Es esencial contar con la documentación adecuada sobre el método de muestreo y la localización de la muestra.

#### **6.1.1.4 Manejo de las muestras**

Las muestras deben seleccionarse y almacenarse para los análisis posteriores de acuerdo con los siguientes criterios:

La muestra total debe mezclarse completamente y tomar por lo menos una cantidad de 14,5 kg, representativa de toda la muestra, que se debe cuartear. En caso de que se tenga que realizar el ensayo para detectar partes insolubles objetables, se tritura una muestra de 3,6 kg hasta un tamaño de tamiz de 9,51 mm, se mezcla bien y se divide en cuatro partes. Si no es necesaria la realización del ensayo para detectar partes insolubles objetables, se tritura una de las muestras de 3,6 kg hasta que pueda pasar por un tamiz que tenga un tamaño de malla N° 6, se mezcla bien y se divide en cuatro partes. Se almacenan las cuatro muestras de 0,9 kg y se guardan en recipientes cerrados, de la forma que se establece a continuación.

Las cuatro (4) muestras de 0,9 kg se deben depositar en recipientes de vidrio herméticos y a prueba de humedad. Una de las muestras está destinada al comprador para su empleo inmediato a fin de realizar la prueba del cargamento. Las otras tres (3) muestras deben guardarse hasta que se conozca si el envío es o no aceptable en base a los resultados del examen de laboratorio.

En caso de que sea aceptable y el vendedor acepte los ajustes al precio correspondientes a las bonificaciones o penalizaciones, se pueden descartar. En caso de que el envío no sea satisfactorio, entonces las muestras se deben guardar hasta que todas las diferencias entre el comprador y el vendedor se hayan solucionado. Tanto la segunda como la tercera muestra son para uso del vendedor y del laboratorio de referencia si existe cualquier controversia relacionada con el análisis. La cuarta muestra es para el comprador con el objeto de que pueda verificar los análisis llevados a cabo por parte del vendedor y del laboratorio imparcial en caso de que exista alguna controversia relacionada con los análisis.

Cada muestra debe rotularse con registros de nombre de comprador, nombre de fabricante, número correspondiente al transporte, fecha de entrega y otros particulares que se puedan registrar. Cada rótulo debe estar adecuadamente firmado por la persona encargada de realizar el muestreo.

Otra muestra de 1,2 kg, debe tomarse en la muestra total y colocarse en un recipiente hermético con el propósito de que sirva para el análisis granulométrico que ha de realizar el comprador.

#### **6.1.2 Tipos de ensayos**

De acuerdo a lo especificado en la presente Norma, se establecen (4) cuatro tipos de ensayos, a saber:

- Ensayo de granulometría
- Ensayo de determinación del óxido de calcio disponible
- Ensayo para determinar la velocidad de apagado
- Ensayo para la determinación de la materia insoluble objetable

### **6.2 Ensayo granulométrico**

#### **6.2.1 Resumen del método**

El ensayo de laboratorio, realizado sobre la muestra debe completarse antes de (5) cinco días hábiles después de recibido el pedido.



El ensayo se realiza mediante el tamizado de la muestra en función del equipo que se pretenda utilizar, de acuerdo a los requisitos físicos del material establecido (véanse 5.2.1.1; 5.2.1.2 y 5.2.1.3) o los establecidos entre comprador y vendedor, que deben estar registrados en la orden de compra.

### **6.2.2 Aparatos**

De acuerdo a lo establecido (véanse 5.2.1.1; 5.2.1.2 y 5.2.1.3), se adoptan los tamices necesarios, entre los que se tiene:

- tamiz de 51 mm (2 plg)
- tamiz de 25 mm (1 plg)
- tamiz de 19 mm (3/4 plg)
- tamiz de 9,51 mm (3/8 plg)
- tamiz N° 6 US
- tamiz N° 30 US
- tamiz N° 100 US

### **6.2.3 Muestreo**

La muestra de 1,2 kg que se toma para el análisis de granulometría, se obtiene de acuerdo a lo establecido (véase 6.1.1.4).

### **6.2.4 Preparación de la muestra**

La muestra tomada para el análisis de granulometría (véase 6.2.3.) no necesita una preparación adicional. El análisis granulométrico debe realizarse inmediatamente después de haber realizado la toma de la muestra.

### **6.2.5 Procedimiento**

#### **6.2.5.1 Para equipo alimentador de material seco**

Si la cal viva utiliza para alimentarse mediante una máquina alimentadora de material seco, el material debe pasar completamente (100 %) un tamiz de 19 mm (3/4 plg) y no debe pasar más de un 5 % por el tamiz patrón N° 100 US.

En caso de contar con una cal suave, que puede generar granos finos durante el proceso de cribado y para disminuir esta posibilidad, es aconsejable emplear un tamiz de 9,51 mm (3/8 plg), que reduce la carga sobre el tamiz patrón N° 100 US.

#### **6.2.5.2 Para equipo neumático**

Si la cal viva se va a manipular en o con un equipo de transporte neumático, el material debe pasar completamente (100 %) un tamiz de 25 mm (1 plg) y no debe pasar más de un 5 % por el tamiz patrón N° 100 US.

#### **6.2.5.3 Para equipo mecánico**

Si la cal viva va a ser manipulada por un equipo de transporte mecánico adecuado, los trozos de cal deben pasar en un 100 % el tamiz de 51 mm (2 plg), excepto las piezas laminares que pueden alcanzar una longitud de hasta 76 mm.

## 6.2.6 Interpretación de resultados

Se pesa cada muestra de los tamices utilizados inmediatamente después del ensayo con el propósito de evitar el contacto excesivo con el aire, en base a los pesos se determinan los porcentajes correspondientes a los tamices seleccionados, para su posterior comprobación con los requisitos establecidos (véase 6.2.5) que son concordantes a los establecidos en 5.2.1.

## 6.3 Ensayo de la determinación del óxido de calcio disponible

### 6.3.1 Resumen del método

El contenido de óxido de calcio disponible en la cal viva y en la cal hidratada es el elemento que entra en la reacción bajo las condiciones del método rápido del azúcar (véase 6.3.5). El método adoptado en esta norma tiene amplia aceptación y da resultados satisfactorios cuando se lo realiza cuidadosamente.

En este procedimiento, el término “muestra de cal” significa aquella que puede pasar un tamiz patrón N° 100 US, y para la cual la temperatura de titulación debe estar comprendida entre 20 °C y 25 °C.

### 6.3.2 Reactivos

- Solución de ácido clorhídrico (HCl). Se prepara una solución que contenga 15,7 ml por l de HCl (gravedad específica 1,19). Esta solución resulta ligeramente más concentrada de lo necesario. Se normaliza la solución HCl con 0,85 g de carbonato de sodio puro y seco, empleando metil de naranja como indicador. Cuando la solución tome una coloración rosado salmón se indica el punto final de la titulación. Se ajusta la solución bien sea añadiendo agua destilada libre de CO<sub>2</sub> si es demasiado concentrada o mediante la adición de HCl si se encuentra demasiado diluida, de tal manera que únicamente 0,85 g de carbonato de sodio neutralicen 90 ml de la solución patrón de HCl. Un ml de esta solución es equivalente a 1,0 % CaO ó 1,32 % Ca(OH)<sub>2</sub> cuando se somete a ensayo 0,5 g de la muestra.
- Indicador de fenolftaleína, solución al 4 %. Se disuelve 4 g de fenolftaleína seca en 100 ml de etanol al 95 %.
- Agua destilada libre de dióxido de carbono.
- Azúcar de caña.

### 6.3.3 Muestreo

#### 6.3.3.1 Cal viva

La “muestra de cal” viva para el laboratorio debe prepararse a partir de la muestra de 0,9 kg que ha sido colocada aparte de acuerdo con lo establecido (véase 6.1.1.4), se debe proceder de la siguiente manera:

Se tritura la mitad de la muestra de 0,9 kg de tal modo que pase por un tamiz patrón N° 6 US, empleando un triturador mecánico no metálico, preferiblemente, o empleando un mortero con mano de vidrio. Se mezcla completamente la muestra triturada y se coloca en un recipiente de vidrio hermético a prueba de humedad.

Se pulveriza mecánicamente una porción de 50 g de la muestra triturada hasta que pueda pasar por un tamiz N° 100 US, si no se encuentra disponible el equipo mecánico, puede emplearse un mortero. Se mezcla totalmente y se almacena la muestra pulverizada en un recipiente de vidrio, hermético y a prueba de agua.

### **6.3.3.2 Cal hidratada**

La “muestra de cal” hidratada para el laboratorio debe prepararse a partir de la muestra de 0,9 kg que ha sido separada para el comprador (véase 6.1.1.4), según 6.3.3.2 una porción de 50 g de muestra debe pulverizarse mecánicamente de tal modo que pueda pasar por un tamiz N° 100 US, ser mezclada y almacenada en un recipiente de vidrio hermético y a prueba de humedad.

### **6.3.3.3 Muestra compuesta**

En el caso de una muestra compuesta, ésta debe ser extraída de acuerdo a lo establecido. (véase 6.1.1)

### **6.3.4 Preparación de la muestra**

Una vez que se ha pulverizado la porción de 50 g (véase 6.3.3), se mezcla toda la muestra y se almacena en un recipiente de vidrio, que debe ser hermético y a prueba de agua.

### **6.3.5 Procedimiento**

Se toma la muestra de 0,5 g de la muestra pulverizada y se esparce dentro de un Erlenmeyer de 250 ml que contiene 10 ml de agua destilada libre de  $\text{CO}_2$  e inmediatamente se tapa con un tapón de caucho sin ejercer presión (es importante tener esa pequeña cantidad de agua en el Erlenmeyer antes de adicionar la muestra, principalmente para el caso de la cal viva, ya que si el agua se añade encima de una carga seca en el frasco, el material tiende a aglutinarse formando cúmulos difíciles de disolver completamente en la solución azucarada que se emplea más adelante. Por otra parte, si la cal se añade a una pequeña cantidad de agua, existen unas condiciones mucho mejores para una dispersión total de las partículas finas produciendo una solución más rápida. En el caso de la cal viva, se presenta probablemente un apagado que facilita la dispersión y la solución).

Se retira la tapa y se coloca el Erlenmeyer sobre una superficie caliente, e inmediatamente se añaden 50 ml de agua hirviendo destilada libre de  $\text{CO}_2$ , se agita el Erlenmeyer y se hace hervir durante un min para que se complete el apagado. Se retira de la superficie caliente, se tapa sin presión el Erlenmeyer y se coloca en un baño de agua fría para llevarlo a la temperatura ambiente. Se añaden 50 ml de agua destilada libre de  $\text{CO}_2$  y luego 15 g a 17 g de azúcar pura de caña. Se tapa el frasco, se agita manualmente y se le permite reposar durante 15 min para que reaccione. El tiempo de reacción no debe ser inferior a 10 min ni superior a 20 min y nuevamente se agita a intervalo de 5 min durante la reacción. Se retira la tapa y se añaden cuatro (4) gotas o cinco (5) gotas de indicador de fenolftaleína al 4 %, se lava el tapón y las paredes del Erlenmeyer con agua destilada libre de  $\text{CO}_2$  y se titula, en el frasco original con la solución patrón de HCl.

Si se desea se puede emplear un agitador mecánico durante la titulación. Se coloca una barra agitadora mecánica limpia, de 10 mm x 38 mm dentro del Erlenmeyer y se coloca el frasco sobre el agitador mecánico. Se ajusta para que la agitación se realice lo más rápidamente posible sin que se presenten pérdidas por salpicadura.

En el proceso de titulación, primero se añade, sin agitar, un 90 % del ácido requerido desde una bureta de 100 ml luego se sacude el frasco tan vigorosamente como sea posible y se finaliza la titulación de una forma más cuidadosa, hasta la primera desaparición completa del color rosado. Se anota la lectura y se ignora el restablecimiento del color. Si el operario no está familiarizado con análisis anteriores de cal bajo ensayo y si el contenido de cal

disponible varía hacia valores externos, es una buena práctica realizar un examen preliminar por medio de una titulación lenta para determinar la cantidad apropiada que ha de añadirse sin una primera sacudida del frasco.

### **6.3.6 Interpretación de resultados**

#### **6.3.6.1 Cálculo del CaO**

El número de ml de la solución de ácido patrón empleada en procedimiento (véase 6.3.5) equivale al % de óxido de calcio disponible en la muestra.

#### **6.3.6.2 Determinación del $\text{Ca(OH)}_2$**

Para determinar el  $\text{Ca(OH)}_2$  se sigue el mismo procedimiento que para determinar CaO, excepto que se omite el proceso de ebullición y enfriamiento al cual se somete el agua destilada y libre de  $\text{CO}_2$ .

#### **6.3.6.3 Cálculo para $\text{Ca(OH)}_2$**

El número de ml de la solución ácida patrón empleada en el procedimiento establecido (véase 6.3.5) se multiplica por 1,32 y representa el % de hidróxido de calcio disponible en la muestra.

### **6.4 Ensayo para determinar la velocidad de apagado**

#### **6.4.1 Resumen del método**

Este ensayo mide la reactividad, una cualidad que tiene el producto en función de la pureza de la cal y del proceso por medio del cual fue fabricada. De acuerdo con el resultado del ensayo la reactividad puede clasificarse de la siguiente manera:

- Cal de alta reactividad: Aquella cuya temperatura asciende a 40 °C en máximo 3 min y cuya reacción se completa en 10 min
- Cal de media reactividad: Aquella cuya temperatura asciende lentamente a 40 °C entre 3 min y 6 min y cuya reacción se completa entre 10 min y 20 min
- Cal de baja reactividad: Aquella que requiere más de 6 min para mostrar un ascenso de la temperatura hasta 40 °C y que requiere más de 20 min para completar la reacción.

##### **6.4.1.1 Principio**

Las muestras de cal viva se apagan bajo condiciones controladas con resultados reproducibles.

Las condiciones que deben controlarse son:

- la velocidad de agitación
- la relación agua/cal
- la pérdida de calor
- el tamaño del vaso de reacción
- el tamaño y la forma de varilla de agitación
- la posición de la varilla de agitación en el vaso de reacción
- el tamaño de partícula de la muestra de cal y
- la cantidad de la cal usada para el ensayo.

### 6.4.2 Aparatos

- Agitador mecánico con una velocidad de 400 rpm.  $\pm$  50 rpm., acoplado con una varilla de agitación en acero inoxidable; puede controlarse la velocidad de agitación con un transformador de alto voltaje o con un reóstato.
- Vaso Dewar, de Pyrex de 665 ml de capacidad y con tapas de caucho.
- Soporte para sostener el agitador, provisto de una abrazadera para mantener firmemente un vaso Dewar.
- Termómetro, tipo aguja, con un rango de temperatura entre 0 °C - 100 °C con divisiones cada 1 °C.
- Balanza analítica.
- Tamiz N° 6 de 200 mm (8 plg) de diámetro con tapa y plato.
- Triturador de mandíbulas o mortero de hierro.
- Cronómetro.
- Indicador de velocidad o tacómetro.
- Recipiente o cuchara con capacidad adecuada para contener 100 g de muestra.

### 6.4.3 Muestreo

Las muestras de cal viva se apagan bajo condiciones controladas con resultados reproducibles. Sin embargo, debido a que la temperatura puede presentar variaciones en intervalos pequeños de temperatura se recomienda efectuar tres (3) ensayos consecutivos con tres (3) muestras y debe reportarse el valor promedio de las tres (3) lecturas.

Cada una de las muestras es de 100 g y se toma de la muestra obtenida de acuerdo con lo establecido (véase 6.3.3.1).

### 6.4.4 Preparación de la muestra

Siendo que las muestras se introducen en forma directa, no requieren de preparación adicional, solamente llevar a cabo el pesaje de los 100 g para cada una de las muestras.

### 6.4.5 Procedimiento

Se enciende el agitador mecánico (véanse figura 1 y figura 2) de acuerdo a 6.4.5.1, ajustándolo a una velocidad de 400 rpm  $\pm$  50 rpm por lo menos durante 5 min.

Se ajusta la temperatura de 500 cm<sup>3</sup> de agua a 25 °C, luego de ésta se toman 400 cm<sup>3</sup> y se vierten dentro del vaso Dewar, la temperatura del agua en la botella debe ser de 25 °C  $\pm$  0,5 °C y se inicia la agitación a 400 rpm  $\pm$  50 rpm.

Se pesan con la cuchara de pesaje 100 g de muestra obtenida de acuerdo con lo indicado (véase 6.4.4), se transfiere el material pesado al vaso de reacción tan rápido como sea posible cuidando de que se deslice suavemente dentro del mismo. Esta operación debe efectuarse en máximo 10 seg.

Se pone en funcionamiento cronómetro y se colocan los empaques y el termómetro en su lugar.

Se toma una lectura de la temperatura 30 s, después de adicionar la muestra al vaso de reacción y se continúan tomando valores de temperatura cada 30 s, durante 5 min, luego cada min durante 10 min o hasta que después de tres (3) lecturas consecutivas la variación de la temperatura sea menos de 0,5 °C. Todas las lecturas deben hacerse con aproximación al 0,5 °C. Todas las lecturas se registran.

Este procedimiento debe efectuarse por triplicado y los valores obtenidos en cada intervalo se promedian.

#### **6.4.5.1 Ensamble de agitador mecánico**

Un aparato similar se muestra en la figura 1 y figura 2, el aparato agitador consta de:

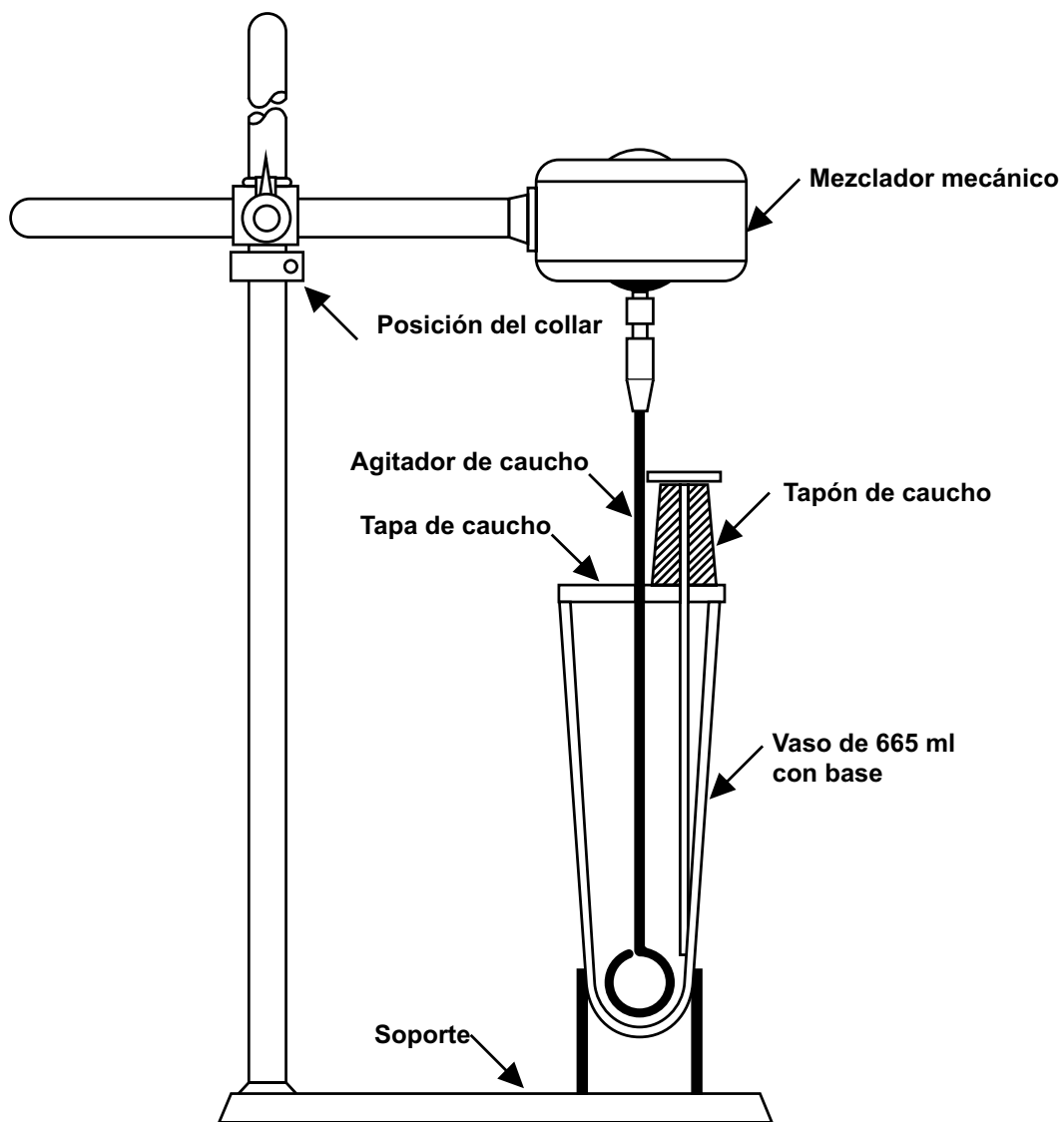
- Vaso de reacción con tapa acoplada con un termómetro y un agitador mecánico provisto de una varilla de agitación de acero inoxidable terminado en forma circular con el fin de facilitar la completa homogeneización. Debe disponerse de medios apropiados para controlar y medir la velocidad de agitación.

El vaso de reacción al vacío debe tener una tapa con dos empaque circulares de caucho de aproximadamente 3 mm de espesor. El primer empaque tiene una sola abertura radial, para que esta se deslice sobre la varilla del agitador y del termómetro. La segunda pieza tiene una abertura similar para colocar el termómetro. Con el propósito de que los dos empaques queden en la posición correcta, la abertura superior con el vástago del termómetro prolongándose a través de la abertura inferior.

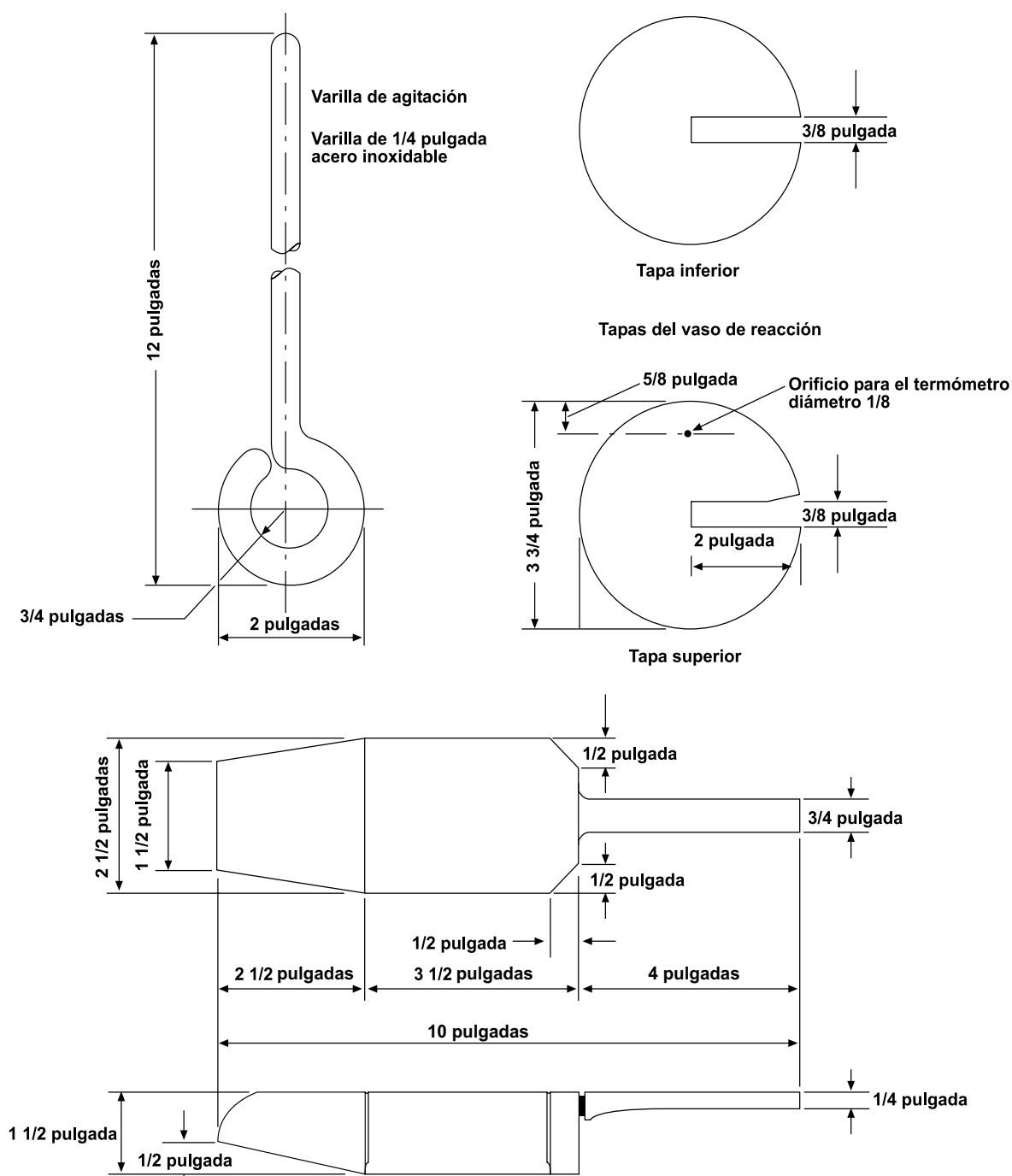
- Aunque no se muestra en la figura 2, la abrazadera puede ser usada para sostener firmemente el recipiente de reacción. Se puede emplear cualquier equipo de soporte adecuado, pero un soporte con una base grande en forma de "C" es particularmente estable.

La posición del collar mostrado asegura que la distancia entre la base de la varilla del agitador y la base del recipiente de reacción sea la misma para todos los ensayos.

- Una cuchara con un tamaño aproximadamente igual al indicado en la figura 1 que puede contener 100 g de cal triturada. Debe permitir que la muestra se deslice fácilmente hasta el vaso de reacción.



**Figura 1 - Ensamble del aparato para el ensayo de velocidad de apagado**



**Figura 2 - Detalles de equipo para el ensayo de velocidad de apagado**

#### 6.4.6 Interpretación de resultados

El tiempo total de apagado activo se considera como el tiempo en el cual la primera de las tres últimas lecturas fue tomada y la temperatura de este tiempo se considero como la final de reacción. La elevación de temperatura a los 3 min se obtiene restando de la temperatura promedio de los 3 min la temperatura inicial. La elevación total de temperatura se obtiene restando la temperatura inicial de la temperatura final promedio de la reacción.

Se elabora una gráfica de tiempo contra temperatura de apagado donde la temperatura de apagado corresponde a la ordenada y el tiempo en min a la abcisa.



Los resultados pueden expresarse como:

- Incremento de temperatura, en tres (3) min
- Incremento total de la temperatura
- Tiempo total de apagado activo

## **6.5 Ensayo para la determinación de la materia insoluble objetable**

### **6.5.1 Resumen del método**

El propósito del presente ensayo es determinar el material insoluble objetable en la cal viva, como materiales gruesos, arena, piedras y cal apagada, los cuales en gran cantidad podrían sobrecargar el removedor de partículas o necesitar un lavado en exceso del apagador o recipiente de reacción.

El procedimiento no determina la cantidad total de material insoluble, debido a que éste podría incluir una cantidad relativamente alta de hidróxido de calcio insoluble en la lechada de cal.

No hay una separación marcada en el tamaño de las partículas retenidas en un separador de partículas y el tamaño de las que pasarán a través del separador de partículas y entran en el recipiente de reacción.

La separación no solo depende del tamaño de partícula sino también de la gravedad específica, la viscosidad de la lechada, y la velocidad de alimentación de la cal y la agitación en el agitador.

El tamaño del tamiz recomendado para separar el material insoluble, es aquél por el cual pasarían casi todos los insolubles en la lechada cuando sale del separador, pero retendría la mayoría de las partículas más grandes que podrían ser retenidas en el separador.

### **6.5.2 Aparatos**

- Agitador mecánico de velocidad variable entre 250 rpm y 600 rpm (véase 6.4.2).
- Vaso de acero inoxidable de 600 ml.
- Soporte para sostener el agitador, el cual debe estar provisto de una abrazadera adecuada para sujetar el vaso firmemente en su lugar.
- Balanza analítica.
- Cuchara de pesaje con una capacidad mínima de 125 g.
- Triturador de mandíbula o mortero y mano.
- Tamiz de 9,51 mm (3/8 plg) de 200 mm (8 plg) de diámetro.
- Tamiz N° 30 US.

### **6.5.3 Muestreo**

Se recomienda efectuar tres (3) ensayos, por ello, se toman 0,45 kg de la muestra general (véase 6.1.1) y se tritura de tal manera que el 100 % pase a través del tamiz de 9,51 mm se mezcla bien y se lleva al recipiente original.

Cada muestra para el ensayo debe pesar 125 g de la muestra triturada.

#### 6.5.4 Preparación de la muestra

Siendo que las muestras se introducen en forma directa, no requieren de preparación adicional, solamente llevar a cabo el pesaje de los 125 g para cada una de las (3) tres muestras.

#### 6.5.5 Procedimiento

Se recomienda efectuar tres (3) ensayos y promediar los resultados.

El sistema de agitación es similar al utilizado para el ensayo de velocidad de apagado o excepción del vaso que es de acero inoxidable. Debido a que el tamaño del material empleado es mayor que el empleado en el ensayo de apagado se requiere un material de mayor resistencia al choque.

Se ajusta el agitador de modo que la distancia entre la varilla y el fondo del vaso sea 13 mm.

El tamiz N° 30 se introduce con la tapa en un horno de secado a 105 °C durante 1 h, se deja enfriar en un desecador, se pesa con aproximación al 0,1 g.

Se toman 500 ml de agua y se ajusta la temperatura a 25°C se adicionan 375 ml de esta agua al vaso de agitación de acero inoxidable y se pone en marcha el aparato a 250 rpm.

Se toma la muestra de 125 g y se adiciona al agua.

En el momento en que la cal empiece a apagarse y se empiecen a desintegrar los terrones se aumenta lentamente la velocidad de agitación hasta 500 rpm y 600 rpm, cuando la temperatura aumenta de 40 °C a 50 °C indica que la muestra se apaga satisfactoriamente, se continúa la agitación durante 20 min se detiene el agitador y se retira el vaso.

Si la cal tiende a incrustarse en las paredes del vaso debe removerse con ayuda de una varilla de agitación, sin parar la agitación.

Se vierte la cal en pequeñas porciones dentro del tamiz N° 30 (previamente tarado), rociando las porciones con agua corriente. Se enjuaga el vaso dentro del tamiz y se lava el residuo con agua corriente.

Se remueve el exceso de agua por debajo del tamiz secándolo con una toalla. Se coloca el tamiz dentro del plato y se seca a 105 °C durante 1 h se enfría en desecador y se pesa.

#### 6.5.6 Interpretación de resultados

La materia insoluble objetable se calcula bajo la siguiente formula en función del residuo que se lo pesa en gr.

$$M = \frac{A}{125} 100$$

donde:

M: Materia insoluble objetable, en %

A: Residuo, en g

## **6.6 Repetición de pruebas**

Si las muestras ensayadas no corresponden a las especificaciones determinadas en la presente norma, se debe realizar nuevos ensayos con las muestras (véase 6.1.1.4) y de acuerdo a criterios establecidos (véase 6.7).

## **6.7 Rechazo**

La cal que debe cumplir los criterios de esta norma se rechazará en los siguientes casos:

### **6.7.1 Criterios de rechazo de la cal viva**

- Cuando el material tenga un contenido disponible de óxido de calcio inferior al 80 % (requisito químico mínimo).
- Por la incapacidad de la cal para generar más de 10 °C de incremento de temperatura en un período de 3 min o su incapacidad para alcanzar la temperatura prevista en 20 min en desarrollo del proceso de apagado (véase 6.4).
- La producción de más de un 5 % de material insoluble cuando se ensaya de acuerdo con los criterios de 6.5 (Algunos compradores prefieren cambiar el tamaño del tamiz y el % aceptable de material insoluble objetable de acuerdo con la operación del apagador particular. Por esta razón, estos límites pueden variar previo acuerdo entre comprador y vendedor).
- Exceso de impurezas con relación a las cantidades establecidas (véase 5.3).

### **6.7.2 Cal hidratada**

El criterio de rechazo, basado en requisitos químicos mínimos, será un contenido de óxido de calcio disponible inferior al 62 %.

### **6.7.3 Informe de no conformidad**

Si el cargamento de cal viva o hidratada no satisface los requisitos de esta norma, se deberá enviar un aviso de no conformidad por parte del comprador al vendedor dentro de los 15 días calendario después de su recibo en el punto de destino.

Los resultados de los ensayos realizados por el comprador son concluyentes a menos que el vendedor notifique al comprador, dentro de cinco días hábiles después de recibido el informe de no conformidad, que desea una nueva realización del ensayo.

Una vez recibida la solicitud de un reensayo, el comprador debe enviar al vendedor una de las muestras selladas tomadas de acuerdo con lo establecido (véase 6.1.1.4).

En caso de que los resultados obtenidos por el vendedor, en desarrollo del reensayo, no estén de acuerdo con los resultados del ensayo realizado por el comprador, se enviará la otra muestra sellada, sin abrir, para que sea analizada por un laboratorio imparcial elegido previamente por las dos partes.

Los resultados de este análisis imparcial deberán ser aceptados como definitivos y serán pagados por el vendedor si el material no satisface los requisitos de esta norma o por el comprador si el material los satisface.

## **6.8 Retiro del material**

Si el material no satisface los requisitos de esta norma, el vendedor debe retirar el material del ambiente donde lo hubiera depositado el comprador a menos que se llegue a un acuerdo entre el vendedor y el comprador.

## **7 INSPECCIONES Y CERTIFICACIONES**

### **7.1 Certificación de peso**

El comprador puede solicitar que los envíos a granel sean acompañados por certificados de peso o pesajes certificados o también los pesos pueden ser verificados por el comprador en el propio envío.

#### **7.1.1 Peso neto**

El peso neto de cualquier bolsa con cal, no debe diferir con relación al peso registrado en la bolsa en 1,5 % en caso de que no se cumpla esta condición, la inspección debe basarse en el peso unitario certificado de no menos del 10 % de todas las bolsas enviadas y seleccionadas al azar a partir del envío total.

### **7.2 Certificación de cumplimiento**

El comprador puede solicitar al vendedor un certificado en el cual conste que la cal viva o hidratada suministrada en cumplimiento de la orden de compra, satisface todos los requisitos correspondientes a esta norma.

## **8 EMPAQUE, ENVÍO, MANEJO Y ROTULADO**

### **8.1 Empaque y envío**

El empaque depende de la presentación de la sustancia, y puede ser realizado a granel, en bolsas (generalmente de papel de pared múltiple), en barriles u otros.

#### **8.1.1 Cal viva**

La cal viva, bien sea en forma de guijarros, terrones o molida, se debe enviar a granel, en carros o remolques de carga, o en bolsas de papel de pared múltiple cuyo contenido neto sea determinado en kg.

#### **8.1.2 Cal pulverizada**

La cal pulverizada puede enviarse a granel, en carros o camiones o en bolsas de papel de múltiples paredes cuyo contenido neto debe estar identificado en kg.

#### **8.1.3 Cal hidratada**

La cal hidratada puede enviarse a granel, en carros o camiones o en bolsas de paredes múltiples de papel con contenido neto descrito en kg.

### **8.2 Manejo**

Las etapas de la manipulación de las sustancias químicas desde su recepción hasta su

aplicación, se encuentran determinadas en el capítulo 6 del reglamento técnico de diseño para plantas potabilizadoras de agua, de la NB 689.

### **8.3 Rotulado**

Cada envío de material debe considerar medios apropiados de identificación tal como exijan las disposiciones locales o nacionales. Cada envío debe marcarse en forma legible con los siguientes datos como mínimo:

- el peso del contenido
- el nombre del fabricante
- la marca comercial
- el código de manufactura
- el número de lote y
- la dirección del fabricante.

El rotulado también puede incluir la frase: «Garantizado por (nombre del fabricante) de acuerdo con la presente norma».

## **9 BIBLIOGRAFÍA**

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS - COPNAT

COPANT 1632:1996 Productos químicos para uso industrial - Cal viva y cal hidratada

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - AWWA

ANSI/AWWA B202-93 Standard for Quicklime and Hydrated Lime

## **IBNORCA: Instituto Boliviano de Normalización y Calidad**

IBNORCA creado por Decreto Supremo N° 23489 de fecha 1993-04-29 y ratificado como parte componente del Sistema Boliviano de la Calidad (SNMAC) por Decreto Supremo N°24498 de fecha 1997-02-17, es la Organización Nacional de Normalización responsable del estudio y la elaboración de Normas Bolivianas.

Representa a Bolivia ante los organismos Subregionales, Regionales e Internacionales de Normalización, siendo actualmente miembro activo del Comité Andino de Normalización CAN, de la Asociación MERCOSUR de Normalización AMN, miembro pleno de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas COPANT, miembro de la International Electrotechnical Commission IEC y miembro correspondiente de la International Organization for Standardization ISO.

### **Revisión**

Esta norma está sujeta a ser revisada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

### **Características de aplicación de Normas Bolivianas**

Como las normas técnicas se constituyen en instrumentos de ordenamiento tecnológico, orientadas a aplicar criterios de calidad, su utilización es un compromiso concienical y de responsabilidad del sector productivo y de exigencia del sector consumidor.

### **Información sobre Normas Técnicas**

IBNORCA, cuenta con un Centro de Información y Documentación que pone a disposición de los interesados Normas Internacionales, Regionales, Nacionales y de otros países.

### **Derecho de Propiedad**

IBNORCA tiene derecho de propiedad de todas sus publicaciones, en consecuencia la reproducción total o parcial de las Normas Bolivianas está completamente prohibida.



MINISTERIO DEL AGUA  
VICEMINISTERIO DE SERVICIOS BÁSICOS

## Productos químicos para uso industrial - Cloro líquido

Primera revisión

ICS 71.060.10 Elementos químicos

Abril 2007



Ministerio del Agua  
Viceministerio de  
Servicios Básicos





## Prefacio

La revisión y actualización de la Norma Boliviana **NB 648-07 “Productos químicos para uso industrial - Cloro líquido (Primera revisión)”**, ha sido encomendada al Comité Técnico de Normalización **CTN 7.3 “Productos químicos”**.

Las instituciones y representantes que participaron fueron los siguientes:

| <b>REPRESENTANTE</b> | <b>INSTITUCIÓN</b>    |
|----------------------|-----------------------|
| Reynaldo Villalba    | UNI/VSB (Coordinador) |
| Luís Víctor Rico     | ABIS                  |
| José Luís Castagné   | ABIS                  |
| Grover Rivera        | IIS-UMSA              |
| José Díaz            | IIS-UMSA              |
| Ronny Vega           | ANESAPA               |
| Leonardo Cuaquira    | CONSULTOR             |
| Fernando Inchauste   | CONSULTOR             |
| Humberto Obleas      | CONSULTOR             |
| Patricia Ancalle     | CONSULTOR             |
| Gonzalo Dalence E.   | IBNORCA               |

Fecha de aprobación por el Comité Técnico de Normalización 2007-02-12

Fecha de aprobación por el Consejo Rector de Normalización 2007-03-29

Fecha de aprobación por la Junta Directiva del IBNORCA 2007-04-13

## Informe

La actualización de esta Norma fue realizada por el Viceministerio de Servicios Básicos/ Ministerio del Agua, a la cabeza del Ing. Alcides Franco Torrico, Viceministro de Servicios Básicos, con financiamiento del Proyecto de Asistencia Técnica/ASDI y la supervisión de la Unidad de Normas e Institucionalidad del Viceministerio de Servicios Básicos.

Esta Norma ha sido elaborada en el marco de una consultoría y su revisión y aprobación fueron realizadas por el Comité Técnico de Normalización CTN 7.3.

Asimismo, la revisión de esta Norma se realizó en talleres técnicos regionales en las ciudades de Cochabamba, Santa Cruz y La Paz, con la participación y el aporte de los siguientes profesionales e instituciones:

### VALLE

|                  |                   |                   |                     |
|------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Severo Vega      | ABIS – Cochabamba | Edgar Armaza      | SEMAPA              |
| Jhony Pérez      | ABIS – Cochabamba | Carlos Peláez     | SEMAPA              |
| Marcelo Crespo   | ABIS – Cochabamba | Jorge Heredia     | SEMAPA              |
| Julio Fuentes    | ABIS – Cochabamba | Leonardo Salinas  | SEMAPA              |
| J. Carlos Guzmán | GM – Cochabamba   | Vanesa Selaya     | SEMAPA              |
| Cristian Cuellar | GM – Cochabamba   | Vladimir Valda    | ELAPAS – Sucre      |
| Franco Burgulla  | GM – Quillacollo  | Edgar A. Nava     | ELAPAS – Sucre      |
| Eduard Montalvo  | GM – Tapacarí     | Marcelo Encalada  | FUNDACION SODIS     |
| Jorge P. Vargas  | GM – Tapacarí     | Leonardo Anaya    | AGUILAR & ASOCIADOS |
| Julio Mercado    | GM – Colcapirhua  | Edwing Miranda    | FHI                 |
| Luis Coca        | FPS – Cochabamba  | Franklin Antezana | EMPROCIV SRL        |
| Jenny Rojas      | CASA – UMSS       | Oscar Zelada      | EMPRESIB            |
| Fernando Pérez   | AMDECO            | Wilfredo Veizaga  | MONTERREY SRL       |
| Ronald Baldellon | MACOTI            | José Veizaga      | MONTERREY SRL       |
| Mirtha Baptista  | CONSULTORA        | Marcelo Calizaya  | CONSULTOR           |

### TRÓPICO

|                    |                     |                    |                    |
|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Marco A. Gutiérrez | VSF – PROAT         | Rolando de Chazal  | SAGUAPAC           |
| Alexis Meruvia     | VSF – PROAT         | Milton Von Borries | SAGUAPAC           |
| Eduardo Ugarteche  | ABIS Santa Cruz     | Erwin Medrano      | SAGUAPAC           |
| Guido Casso        | SIB Santa Cruz      | Roberto Cruz       | ACSAACRUZ          |
| Mauricio Flores    | SIB Santa Cruz      | Eladio Arequino    | COOP. SAJUBA       |
| Luisa Dorado       | PREFECTURA SCZ      | Ciriaco Coro       | COOP. SAJUBA       |
| Saud Yuja Gomez    | GM Trinidad, Beni   | Teresa Romero      | COOP. SAJUBA       |
| Ramiro Plaza       | FPS Santa Cruz      | Luis Bravo         | COOP. EL CARMEN    |
| Eduardo Cuestas    | FPS Santa Cruz      | Ariel Méndez       | COOP. COSPOL       |
| Germán Palenque    | UAGRM               | David Saavedra     | COOP. COSPOL       |
| Efraín Capobianco  | UAGRM – SIMAC       | José A. Chacón     | COSIMBO LTDA       |
| Juan E. Ribera     | UAGRM – SIMAC       | Rubén Angulo       | RAS – AVALUOS      |
| Silvana Balcázar   | CADECO – Santa Cruz | Mario E. Sandy     | PLAN INTERNACIONAL |
| José L. Padilla    | CONSULTOR           |                    |                    |

**ALTIPLANO**

|                    |                |                     |                     |
|--------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| Marco A. Gutiérrez | VSB – PROAT    | Carlos España       | UMSA Postgrado      |
| Alexis Meruvia     | VSB – PROAT    | Ángel Aliaga        | UMSA – IIH          |
| Víctor Rico        | ABIS – La Paz  | Gualberto Gutiérrez | UTO                 |
| Jose L. Castagné   | ABIS – La Paz  | Armando Garnica     | UTO                 |
| Orlando Camacho    | ABIS – La Paz  | Amilkar Ilaya       | UTO                 |
| Oswaldo Sánchez    | ABIS – La Paz  | Lina Fernández      | UTO                 |
| Iván Bolívar       | PREFECTURA LP  | José Huanca         | CARITAS             |
| Marcial Medina     | PREFECTURA LP  | Adolfo Gallardo     | ISERV ARQUITECTURA  |
| Edson Aranibar     | PREFECTURA LP  | Israel Antequera    | GREGORY MORRIS      |
| Carlos R. Morales  | PREFECTURA PT  | Daly Salvatierra    | AGUILAR & ASOCIADOS |
| Marco A. Gómez     | PREFECTURA PT  | Marvin Botello      | PLAMAT S.A.         |
| Ronald Beltrán     | GM – La Paz    | Gonzalo Vargas      | PLASMAR S.A.        |
| Carlos García      | GM – La Paz    | Oscar Quiroga       | PLASMAR S.A.        |
| Ramiro Encinas     | FPS – Nacional | Marcelo Barrero     | SUMINDUS            |
| Eufacio Choque     | FPS – La Paz   | Alfonso Pomarino    | CONSULTOR           |
| Alexandra Sandi    | FPS – La Paz   | Francisco Alvizuri  | CONSULTOR           |
| Ingrid Vásquez     | FNDR           | Juan C. Fernández   | CONSULTOR           |
| Hugo Jiménez       | SISAB          | Humberto Cordero    | CONSULTOR           |
| Roger Yugar        | PROAGUAS       | Leonardo Cuaquira   | CONSULTOR           |
| Juan Correa        | AAPOS – Potosí |                     |                     |

**ELABORACIÓN:**

|                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| Fernando Inchauste Morales | Consultor principal |
| Humberto Obleas Arandia    | Consultor           |
| Patricia Ancalle Mamani    | Consultora          |

**FINANCIADOR:**

Agencia Sueca de Cooperación para el  
para el Desarrollo Internacional (Asdi)

# ÍNDICE

|          | Página                                                                                      |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>0</b> | <b>INTRODUCCIÓN..... 193</b>                                                                |
| 0.1      | Sistema de unidades ..... 193                                                               |
| 0.2      | Compuestos químicos ..... 193                                                               |
| 0.3      | Variables ..... 193                                                                         |
| 0.4      | Abreviaturas..... 194                                                                       |
| <b>1</b> | <b>OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN ..... 194</b>                                               |
| <b>2</b> | <b>REFERENCIAS ..... 194</b>                                                                |
| <b>3</b> | <b>DEFINICIONES ..... 194</b>                                                               |
| 3.1      | Cloro Líquido ..... 194                                                                     |
| 3.2      | Cloro disponible ..... 195                                                                  |
| 3.3      | Cloro gaseoso..... 195                                                                      |
| 3.4      | Comprador ..... 195                                                                         |
| 3.5      | Envasador ..... 195                                                                         |
| 3.6      | Fabricante ..... 195                                                                        |
| 3.7      | Humedad ..... 195                                                                           |
| 3.8      | Presión de vapor ..... 196                                                                  |
| 3.9      | Punto de ebullición ..... 195                                                               |
| 3.10     | Punto de licuefacción..... 195                                                              |
| 3.11     | Solubilidad en agua ..... 195                                                               |
| 3.12     | Temperatura crítica y presión crítica..... 195                                              |
| 3.13     | Vendedor ..... 196                                                                          |
| <b>4</b> | <b>CLASIFICACIÓN..... 196</b>                                                               |
| <b>5</b> | <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ..... 196</b>                                                  |
| 5.1      | Descripción ..... 196                                                                       |
| 5.1.1    | Generalidades ..... 196                                                                     |
| 5.1.2    | Reactividad ..... 196                                                                       |
| 5.2      | Requisitos ..... 196                                                                        |
| 5.2.1    | Requisitos químicos..... 196                                                                |
| 5.3      | Impurezas ..... 196                                                                         |
| 5.3.1    | Generalidades ..... 196                                                                     |
| 5.3.2    | Humedad ..... 197                                                                           |
| 5.3.3    | Metales pesados ..... 197                                                                   |
| 5.3.4    | Residuos no volátiles..... 197                                                              |
| 5.3.5    | Tetracloruro de carbono..... 197                                                            |
| 5.3.6    | Trihalometanos ..... 197                                                                    |
| <b>6</b> | <b>MÉTODOS DE ENSAYO ..... 197</b>                                                          |
| 6.1      | Muestreo general y tipos de ensayo..... 197                                                 |
| 6.1.1    | Muestreo general..... 197                                                                   |
| 6.1.1.1  | Muestreo..... 197                                                                           |
| 6.1.1.2  | Precauciones ..... 198                                                                      |
| 6.1.1.3  | Procedimiento..... 198                                                                      |
| 6.1.1.4. | Preparación de la muestra para la determinación de compuestos orgánicos volátiles ..... 198 |
| 6.1.2    | Tipos de ensayo ..... 198                                                                   |
| 6.1.2.1  | Pureza ..... 198                                                                            |
| 6.1.2.2  | Humedad y residuos no volátiles..... 198                                                    |
| 6.1.2.3  | Tetracloruro de carbono y trihalometanos ..... 199                                          |
| 6.1.2.4  | Metales pesados..... 199                                                                    |
| 6.2      | Ensayo de determinación de compuestos volátiles orgánicos ..... 199                         |
| 6.2.1    | Resumen del método..... 199                                                                 |
| 6.2.2    | Aparatos ..... 200                                                                          |

|          |                                                                   |            |
|----------|-------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.2.2.1  | Reactivos .....                                                   | 200        |
| 6.2.2.2  | Material .....                                                    | 200        |
| 6.2.2.3  | Aparatos e instrumentos.....                                      | 200        |
| 6.2.3    | Muestreo.....                                                     | 200        |
| 6.2.4    | Preparación de la muestra.....                                    | 200        |
| 6.2.5    | Procedimiento.....                                                | 201        |
| 6.2.5.1  | Encendido del instrumento .....                                   | 201        |
| 6.2.5.2  | Condiciones de operación .....                                    | 201        |
| 6.2.5.3  | Determinación de cloro, para determinar el tamaño de muestra..... | 202        |
| 6.2.5.4  | Verificación de la calibración .....                              | 202        |
| 6.2.5.5  | Análisis de la muestra.....                                       | 202        |
| 6.2.6    | Interpretación de resultados .....                                | 202        |
| 6.2.6.1  | Cálculos y expresión de los resultados .....                      | 202        |
| 6.2.6.2  | Calibración.....                                                  | 203        |
| 6.3      | Ensayo de determinación de residuos no volátiles y humedad .....  | 204        |
| 6.3.1    | Resumen del método.....                                           | 204        |
| 6.3.2    | Aparatos .....                                                    | 205        |
| 6.3.2.1  | Reactivos .....                                                   | 205        |
| 6.3.2.2  | Material .....                                                    | 205        |
| 6.3.2.3  | Aparatos e instrumentos.....                                      | 205        |
| 6.3.3    | Muestreo.....                                                     | 205        |
| 6.3.4    | Preparación de la muestra.....                                    | 205        |
| 6.3.5    | Procedimiento.....                                                | 205        |
| 6.3.5.1  | Preparación y acondicionamiento del bulbo nesbitt .....           | 205        |
| 6.3.5.2  | Determinación de humedad y residuos no volátiles .....            | 206        |
| 6.3.6    | Interpretación de resultados .....                                | 206        |
| 6.3.6.1  | Contenido de residuos no volátiles, RNV .....                     | 206        |
| 6.3.6.2  | Contenido de humedad .....                                        | 206        |
| 6.4      | Ensayo de determinación de pureza del cloro.....                  | 207        |
| 6.4.1    | Resumen del método.....                                           | 207        |
| 6.4.2    | Aparatos .....                                                    | 207        |
| 6.4.2.1  | Reactivos .....                                                   | 207        |
| 6.4.2.2  | Material .....                                                    | 207        |
| 6.4.2.3  | Aparatos e instrumentos.....                                      | 208        |
| 6.4.3    | Muestreo.....                                                     | 208        |
| 6.4.4    | Preparación de la muestra.....                                    | 208        |
| 6.4.5    | Procedimiento.....                                                | 208        |
| 6.4.5.1  | Encendido del instrumento .....                                   | 208        |
| 6.4.5.2  | Verificación de la calibración .....                              | 208        |
| 6.4.5.3  | Análisis de la muestra.....                                       | 208        |
| 6.4.6    | Interpretación de resultados .....                                | 209        |
| 6.5      | Repetición de pruebas.....                                        | 209        |
| 6.6      | Rechazo.....                                                      | 209        |
| 6.7      | Retiro del material.....                                          | 209        |
| <b>7</b> | <b>INSPECCIONES Y CERTIFICACIONES .....</b>                       | <b>210</b> |
| 7.1      | Inspección.....                                                   | 210        |
| 7.2      | Certificado de cumplimiento o análisis certificado .....          | 210        |
| <b>8</b> | <b>EMPAQUE, ENVÍO, MANEJO Y ROTULADO.....</b>                     | <b>210</b> |
| 8.1      | Empaque y envío.....                                              | 210        |
| 8.1.1    | Precauciones en el empaque .....                                  | 210        |
| 8.1.2    | Densidad de llenado .....                                         | 211        |
| 8.1.3    | Almacenamiento .....                                              | 211        |
| 8.2      | Manejo .....                                                      | 211        |
| 8.3      | Rotulado .....                                                    | 211        |
| <b>9</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                                          | <b>211</b> |

## Productos químicos para uso industrial - Cloro líquido

### 0 INTRODUCCIÓN

#### 0.1 Sistema de unidades

|                 |                                           |
|-----------------|-------------------------------------------|
| %               | porcentaje                                |
| °C              | grados Celsius                            |
| μl              | microlitro                                |
| μg              | microgramo                                |
| cm              | centímetro                                |
| cm <sup>3</sup> | centímetro cúbico                         |
| g               | gramo                                     |
| h               | hora                                      |
| kg              | kilogramo                                 |
| kPa             | kilo pascal                               |
| l               | litro                                     |
| m               | metro                                     |
| min             | minuto                                    |
| ml              | mililitro                                 |
| mm              | milímetro                                 |
| ppm             | partes por millón                         |
| psi             | pound square inch (lb/pulg <sup>2</sup> ) |
| pulg            | pulgada                                   |
| rpm             | revoluciones por minuto                   |
| s               | segundo                                   |
| u.a.p.          | ultra alta pureza                         |

#### 0.2 Compuestos químicos

|                                                |                                |              |
|------------------------------------------------|--------------------------------|--------------|
| Cl <sub>2</sub>                                | Cloro                          | adimensional |
| O <sub>2</sub>                                 | Oxígeno                        | adimensional |
| N <sub>2</sub>                                 | Nitrógeno                      | adimensional |
| H <sub>2</sub>                                 | Hidrógeno                      | adimensional |
| CO <sub>2</sub>                                | Bióxido de carbono             | adimensional |
| KHC <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>4</sub> | Ftalato ácido de potasio       | adimensional |
| CCl <sub>4</sub>                               | Tetracloruro de carbono        | adimensional |
| CHCl <sub>3</sub>                              | Cloruro ácido de carbono       | adimensional |
| K Br                                           | Bromuro de potasio             | adimensional |
| Mg(ClO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>             | Perclorato de magnesio         | adimensional |
| CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>              | Acetona                        | adimensional |
| Mg(ClO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>             | Perclorato de magnesio anhidro | adimensional |

#### 0.3 Variables

|     |                              |              |
|-----|------------------------------|--------------|
| N   | Normalidad                   | -            |
| M   | Peso                         | g            |
| CPU | Unidad central de proceso    | adimensional |
| V   | Volumen de muestra (6.2.5.3) | ml (l)       |

|                          |                                                   |              |
|--------------------------|---------------------------------------------------|--------------|
| Vo                       | Volumen de muestra (6.2.5.3)                      | ml           |
| R                        | Resultado del análisis cromatográfico (6.2.6.1)   | µg/l         |
| FR                       | Factor de respuesta (6.2.6.2)                     | adimensional |
| A                        | Respuesta para el estándar en agua (6.2.6.2)      | adimensional |
| Ao                       | Respuesta para el estándar (6.2.6.2)              | adimensional |
| C                        | Concentración del estándar en agua (6.2.6.2)      | adimensional |
| Co                       | Concentración del estándar en la matriz (6.2.6.2) | adimensional |
| TR                       | Tiempo de retención                               | min          |
| RNV                      | Residuos no volátiles                             | mg/kg (%)    |
| M1                       | Peso inicial                                      | g            |
| M2                       | Peso final                                        | g            |
| M                        | Peso de muestra                                   | g            |
| Cont. H <sub>2</sub> O   | Contenido de humedad (6.3.6.2)                    | mg/kg (%)    |
| % Pureza Cl <sub>2</sub> | Porcentaje de pureza del cloro líquido            | %            |

#### 0.4 Abreviaturas

|      |                                           |
|------|-------------------------------------------|
| ANSI | American National Standard Institute      |
| AWWA | American Water Works Association Standard |
| ASTM | American Standard for Testing Materials   |

## 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece las especificaciones que debe cumplir el cloro líquido utilizado para la potabilización del agua para uso y consumo humano (tratamiento de suministros de agua potable e industrial), así como la metodología de muestreo y los métodos de prueba para determinarlas.

La aplicación del cloro y de otros materiales apropiados como desinfectantes utilizados para el tratamiento de aguas, se establece en la tabla 10.31 de NB 689.

## 2 REFERENCIAS

Las normas de referencia que se presentan en la norma, contienen disposiciones y requisitos que son parte de esta norma y se consideran valederas para la presente norma.

En caso de conflicto prevalecerá lo establecido en esta norma.

NB 689 Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua potable

## 3 DEFINICIONES

Para el propósito de esta norma se aplican las siguientes definiciones:

### 3.1 Cloro Líquido<sup>1</sup>

La forma comercialmente disponible de gas cloro elemental licuado.

<sup>1</sup> El termino cloro liquido se usa a veces para designar la solución de hipoclorito, sin embargo no debe aplicarse el uso de este término. Véase norma AWWA B300, Norma para hipocloritos.

### **3.2 Cloro disponible**

Se refiere al cloro liberado por la acción de los ácidos hipoclorosos disueltos. Puede ser expresado en porcentaje en peso o como concentración en gramos por litro.

### **3.3 Cloro gaseoso**

Es el cloro en estado elemental que a presión normal se encuentra en estado gaseoso.

### **3.4 Comprador**

La persona, compañía u organización que compra algún material o servicio.

### **3.5 Envasador**

Compañía u organización que generalmente no produce el cloro líquido, en cambio, normalmente compra el cloro líquido en grandes bloques (tanques o carro-tanques) o tubería y lo transfiere a cilindros, a contenedores de una tonelada, o a carro-tanques para despacho al comprador. Algunos envasadores suministran a sus consumidores despachos en tanques o carro-tanques, en tales casos el cloro se carga en los contenedores directamente en las instalaciones del fabricante. El envasador puede o no ser el vendedor.

### **3.6 Fabricante**

La parte que fabrica o produce materiales o productos.

### **3.7 Humedad**

Cantidad de agua contenida en una sustancia.

### **3.8 Presión de vapor**

Presión ejercida por las moléculas de un líquido para volatilizarse y pasar a la fase de vapor. Es directamente proporcional a la temperatura.

### **3.9 Punto de ebullición**

Temperatura a la cual la presión de vapor de un líquido iguala a la presión del sistema. Es directamente proporcional a la presión.

### **3.10 Punto de licuefacción**

Temperatura a la que a una determinada presión, un gas pasa a la forma líquida.

### **3.11 Solubilidad en agua**

Capacidad que tiene un compuesto o soluto de disolverse en el agua. Está dada por la relación entre el peso de soluto disuelto en un determinado volumen de agua. Dicha solubilidad depende directamente de la temperatura e inversamente de la presión.

### **3.12 Temperatura crítica y presión crítica**

Temperatura máxima y presión máxima a las cuales los estados físicos líquido y vapor, de una sustancia, coexisten. Por encima de dichas temperatura y presión críticas no es posible distinguir entre líquido y vapor de esa sustancia como entidades separadas.



### 3.13 Vendedor

La parte que suministra materiales o servicios. El vendedor puede ser o no el fabricante.

## 4 CLASIFICACIÓN

Esta norma solo se aplica para el cloro líquido que cumple las siguientes designaciones:

|                            |                 |
|----------------------------|-----------------|
| Nombre químico             | Cloro           |
| Sinónimos                  | Ninguno         |
| Fórmula química condensada | Cl <sub>2</sub> |

## 5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### 5.1 Descripción

Las siguientes son las características del cloro líquido:

#### 5.1.1 Generalidades

En estado líquido el cloro es de color ámbar y tiene una densidad de 1,409 veces la del agua, es decir 1,409 g/ml a 20 °C. a presión de 1 atmósfera (100 kPa), el cloro líquido tiene su grado o punto de ebullición a los - 34 °C y se congela (punto de licuefacción) a - 101 °C.

Ejerce una presión de vapor que varía con la temperatura, a una temperatura de 20 °C, la presión de vapor es de 669 kPa, a 37,8 °C la presión del vapor aumenta hasta 1 000 kPa.

Cuando baja la presión el cloro líquido se vaporiza en un gas de color amarillo verdoso con una densidad de 2,5 veces la densidad del aire, y un volumen de cloro líquido es igual a 457,6 volúmenes de cloro gaseoso. A 15,6 °C y a presión de 1 atmósfera, 8 kg de cloro son solubles en 1 000 kg de agua, tiene un olor característico y sofocante.

#### 5.1.2 Reactividad

Ni el cloro gaseoso o el líquido son explosivos o inflamables, pero reaccionan químicamente con muchas sustancias.

Aunque el cloro seco no reacciona (corroe) con muchos metales, es muy reactivo (fuertemente corrosivo) en presencia de humedad. Reacciona espontáneamente con hierro o acero a 251 °C.

### 5.2 Requisitos

#### 5.2.1 Requisitos químicos

El cloro líquido suministrado bajo esta norma debe tener una pureza del 99,5 % en volumen, cuando se analice con el método especificado (véase 6.4).

### 5.3 Impurezas

#### 5.3.1 Generalidades

El cloro líquido suministrado bajo esta norma no debe contener sustancias minerales u orgánicas solubles en cantidades capaces de producir efectos dañinos o peligrosos para la salud de las personas que consuman el agua que ha sido tratada con el cloro líquido.

### **5.3.2 Humedad**

El cloro líquido suministrado debe ser cloro seco. La humedad no debe exceder 150 ppm (0,015 %) en peso.

### **5.3.3 Metales pesados**

La suma de todos los metales pesados no debe exceder 30 ppm (0,003 %) expresado como plomo.

El plomo no debe exceder 10 ppm (0,001 %) reportado como plomo.

El mercurio no debe exceder 1 ppm (0,0001 %) reportado como mercurio.

El arsénico no debe exceder 3 ppm (0,0003 %) reportado como arsénico metálico.

Las pruebas de estos contenidos se deben desarrollar como mínimo una vez al año. Se debe controlar también si existen otros metales pesados como el Bario, Cadmio, Cobre, Cromo total, Zinc y Selenio.

### **5.3.4 Residuos no volátiles**

El residuo total no debe exceder 50 ppm (0,005 %) en peso en cloro líquido cargado por el fabricante en tanques y carro-tanques o 150 ppm (0,015%) en peso en cloro líquido envasado en cilindros o contenedores.

### **5.3.5 Tetracloruro de carbono**

No debe exceder 100 ppm (0,010 %).

### **5.3.6 Trihalometanos**

No deben exceder 300 ppm (0,030 %).

## **6 MÉTODOS DE ENSAYO**

Muchos compradores exigirán que el fabricante o el vendedor suministren un certificado de análisis que cubran los requerimientos de la presente norma; por tanto, los métodos de ensayo que se enumeran hacen referencia a los métodos aplicables de ASTM y las normas establecidas en 9.

### **6.1 Muestreo general y tipos de ensayo**

#### **6.1.1 Muestreo general**

##### **6.1.1.1 Muestreo**

Si el comprador especifica que el cloro se debe ensayar, las muestras se deben tomar en el sitio de despacho como lo establecen las normas ASTM E410, ASTM E412 y ASTM E806.

Véase también folleto N° 7 del Instituto del Cloro para muestreo. También se debe seguir este sistema para análisis de tetracloruro de carbono y trihalometanos.

Los métodos para el muestreo y los correspondientes métodos de ensayo son proporcionados para ser realizados por personal capacitado, observando las normas de seguridad durante su manejo.

#### **6.1.1.2 Precauciones**

El cloro es un material corrosivo y tóxico. El manejo de la muestra dentro del laboratorio debe realizarse con equipo adecuado para la extracción de gases y su análisis debe efectuarlo personal que esté familiarizado con el manejo del cloro. El operador debe utilizar el equipo adecuado de protección respiratoria y de ojos, aunque sea personal experimentado no debe realizar el muestreo y análisis solo, debido a los riesgos que implica el manejo de este producto.

#### **6.1.1.3 Procedimiento**

Verificar con el operador del área, que haya vacío en el sistema de evacuación y que el cloro esté recirculando.

Conectar el equipo de muestreo al sistema de vacío y al punto de muestreo del almacén de cloro.

#### **6.1.1.4. Preparación de la muestra para la determinación de compuestos orgánicos volátiles**

Adicionar 100 ml de la disolución absorbente a la botella lavadora de gases (véase 6.2.).

Colocar la botella lavadora dentro del vaso de precipitado y adicionar suficiente hielo y agua para mantener fría la disolución.

Conectar un tubing a la válvula del cilindro. Conectar el tubing a la entrada de la botella lavadora de gases. Abrir la válvula del cilindro cuidadosamente y ajuste el flujo de tal manera que permita un burbujeo lento y continuo en la disolución absorbente, pero sin permitir que ésta se caliente.

Cerrar la válvula del cilindro hasta que todo el cloro haya pasado por la disolución absorbente (cantidad recomendable de 5 g a 10 g de cloro). Desconectar la botella lavadora de gases y transferir el contenido a un matraz volumétrico de 500 ml. Lavar la botella lavadora de gases con pequeñas cantidades de agua desionizada y adicionar al matraz volumétrico y finalmente llevar a aforo.

### **6.1.2 Tipos de ensayo**

Las determinaciones de pureza, humedad, residuos no volátiles, tetracloruro de carbono, trihalometanos y metales pesados, se debe hacer concordante con:

#### **6.1.2.1 Pureza**

Véase 6.4 y el procedimiento establecido en la norma ASTM E412.

#### **6.1.2.2 Humedad y residuos no volátiles**

Véase 6.3 y el procedimiento establecido en la norma ASTM E410.

### 6.1.2.3 Tetracloruro de carbono y trihalometanos

Véase 6.2 y el procedimiento establecido en la norma ASTM E806.

### 6.1.2.4 Metales pesados

#### a) Preparación de la solución para determinar arsénico, metales pesados, plomo y mercurio

Para preparar la solución que se utiliza como muestra, se disuelve el residuo (obtenido en el ensayo para residuo no volátil) en 2,5 ml de agua recientemente preparada. Se diluye con agua a un volumen en mililitros equivalente al peso en gramos de la muestra inicial del cloro, de manera que 1 ml de la dilución final sea equivalente a 1 g de cloro.

#### b) Determinación de arsénico

Para determinar la presencia de arsénico, 1 ml de la solución de la muestra diluida en agua a 35 ml, debe cumplir los requisitos de ~~ensayo de arsénico~~ del Codex Alimentarius.

#### c) Metales pesados

Una porción de 0,67 ml de la solución de la muestra, diluida con agua a 25 ml, debe cumplir los requisitos de metales pesados del Codex Alimentarius, utilizando 20 g del ión plomo en el control.

#### d) Plomo

Una porción de 1 ml de la solución de la muestra, mezclada con 5 ml de agua y 11 ml de solución de prueba de ácido clorhídrico, deben cumplir los requisitos de límites de plomo del Codex Alimentarius, utilizando 10 g de ión plomo en el control.

#### e) Mercurio

El mercurio se determina según el procedimiento establecido en la norma ASTM E506.

## 6.2 Ensayo de determinación de compuestos volátiles orgánicos

Este método es aplicable para la determinación de cloroformo (trihalometanos) y tetracloruro de carbono en muestras de cloro líquido por cromatografía acoplada con espectrometría de masas.

### 6.2.1 Resumen del método

Los compuestos volátiles orgánicos son transferidos de la fase acuosa a vapor por burbujeo de un gas inerte a través de una muestra líquida contenida en un depósito de purga a temperatura ambiente. Los vapores son barridos a través de una trampa absolvedora para coleccionar los compuestos orgánicos. Después que la purga es completada, la trampa es calentada y barrida con el mismo gas inerte para direccionar los compuestos hacia la columna de un cromatógrafo de gas. El cromatógrafo consta de un programa de temperaturas para la separación de los compuestos y como detector un espectrómetro de masas.

## **6.2.2 Aparatos**

### **6.2.2.1 Reactivos**

- Hielo
- Helio grado ultra alta pureza (u.a.p.)
- Metanol (grado pesticida ó para análisis de trazas orgánicas)
- Agua (para análisis de trazas orgánicas)
- Disolución absorbente de hipofosfito de sodio monohidratado
- Disolución de rojo de metilo
- Agua libre de sustancias orgánicas
- Disolución de hidróxido de sodio 0,5 N

### **6.2.2.2 Material**

- Jeringa de 5 ml
- Micro jeringas
- Botella lavadora de gases de 250 ml con tubo difusor
- Matraz volumétrico de 500 ml
- Botella aspiradora de 4 l
- Vaso de precipitado de 2 l
- Tubing de teflón o equivalente de ¼ pulg
- Matraz con tapón de teflón o equivalente o de preferencia vial de 10 ml

### **6.2.2.3 Aparatos e instrumentos**

- Cromatógrafo de gases acoplado a un detector selectivo de masas y un sistema de purga y trampa
- Espectrómetro de masas
- Sistema de purga y trampa, capaz de aceptar muestras de 5 ml y una columna de agua de por lo menos 3 cm, trampa de al menos 25 cm de longitud con un diámetro interno mínimo de 3 mm
- Sistema para muestreo (con cilindro y tubing muestreador)

## **6.2.3 Muestreo**

El material se toma con la utilización del cilindro y tubing muestreador.

## **6.2.4 Preparación de la muestra**

Siendo que la muestra se introduce en forma directa, no requiere de preparación adicional.

Pero en forma paralela se realizan las siguientes preparaciones de disoluciones:

- Agua desionizada.

Llenar una botella aspiradora con agua desmineralizada o bidestilada y burbujear helio a través del agua por un mínimo de 20 min.

- Disolución absorbente  
Disolver 240 g de hipofosfito de sodio monohidratado y 120 g de bromuro de potasio en 600 ml de agua purgada y desionizada con helio y diluir en 1 l

- Disolución de indicador rojo de metilo  
Disolver 0,1 g de rojo de metilo en 100 ml de metanol y mezclar por 30 minutos
- Disolución de hidróxido de sodio 0,5 N  
Disolver 20 g de hidróxido de sodio en agua hervida libre de CO<sub>2</sub> y llevar a aforo a 1 l en un matraz volumétrico.
- Estandarización de la disolución de hidróxido de sodio  
Poner a secar Ftalato ácido de potasio (KHC<sub>8</sub>H<sub>4</sub>O<sub>4</sub>) grado estándar, en un recipiente de vidrio a 120 °C durante 2 h, enfriar en el desecador.  
Pesar 4,5 g de ftalato ácido de potasio en un vaso de precipitado de 250 ml previamente tarado y disolver en 100 ml de agua neutra, adicionar 3 ó 4 gotas del indicador fenolftaleína y titular con la disolución estándar de hidróxido de sodio hasta la aparición de un color rosa tenue.

Para determinar la normalidad de la disolución estándar de hidróxido de sodio se utiliza la siguiente formula:

$$N = \frac{M}{0,20423 \cdot V}$$

donde:

N: Normalidad de la disolución estándar de hidróxido de sodio

M: Peso del ftalato ácido de potasio utilizado, en g

0,20423: Mili equivalente del ftalato ácido de potasio

V: Volumen de hidróxido de sodio requerido en la titulación, en ml

## 6.2.5 Procedimiento

### 6.2.5.1 Encendido del instrumento

Ponga en posición de encendido los interruptores del monitor, impresora, CPU y cromatógrafo de gases, siga las instrucciones del fabricante para inicializar el software correspondiente así como el sistema de purga y trampa y las condiciones que el cromatógrafo de gases debe tener para iniciar el análisis respectivo.

Esperar el tiempo necesario para su estabilización.

### 6.2.5.2 Condiciones de operación

Seguir las instrucciones del fabricante para introducir las condiciones de operación.

Verificar que se encuentren establecidas las siguientes condiciones de operación, las que pueden variar de acuerdo al equipo:

Temperatura del horno = (45 °C durante 1 min) (240 °C durante 5 min) con incrementos de 20 °C/min

Flujo total de entrada = 22 a 24 ml/min

Presión del flujo de entrada = 10,3 kPa (1,5 psi)

Temperatura del flujo de entrada = 240 °C

Temperatura del auxiliar 2 = 280 °C

Flujo de la fase móvil (helio) = 1,4 ml/min

### 6.2.5.3 Determinación de cloro, para determinar el tamaño de muestra

Adicionar 10 ml de la muestra a un matraz Erlenmeyer de 250 ml

Adicionar de 2 gotas a 4 gotas de indicador rojo de metilo y titular con una disolución valorada de hidróxido de sodio hasta el viraje de rosa a rosa-naranja, registrar los ml requeridos en la titulación.

Calcular el peso del cloro, en g, usando la siguiente ecuación:

$$\text{Cl}_2 = \frac{V \cdot N \cdot 0,03546 \cdot 500}{V_0}$$

donde:

$\text{Cl}_2$ : Peso del cloro, en g

V: Volumen disolución estándar de hidróxido de sodio requerido en la titulación, en ml

N: Normalidad de la disolución estándar de hidróxido de sodio

$V_0$ : Volumen de muestra, en ml

### 6.2.5.4 Verificación de la calibración

Con base en la curva de calibración correspondiente.

- En una jeringa con 5 ml de agua desionizada, adicione 10 µl de disolución estándar (100 µg/ml) de  $\text{CCl}_4$  y 10 µl de disolución estándar (100 µl/ml) de  $\text{CHCl}_3$ .
- Inyectar en el depósito de purga del concentrador purga y trampa.
- Verificar una desviación máxima de + 5 % con respecto al valor del estándar.
- Si cumple continuar con el análisis de la muestra.
- Repetir del paso 2 al 5 las veces necesarias para comprobar la desviación y proceder a recalibrar.

### 6.2.5.5 Análisis de la muestra

Seguir las instrucciones del fabricante para iniciar el software e inyectar 5 ml de muestra, iniciar el proceso de purga y trampa así como el análisis por cromatografía.

## 6.2.6 Interpretación de resultados

### 6.2.6.1 Cálculos y expresión de los resultados

Calcular la concentración de compuestos orgánicos contenidos en la muestra, con la siguiente ecuación y expresar el resultado como mg/kg.

$$\text{mg/kg de CCl}_4 \text{ en} = \frac{(R)(V)}{M}$$

$$\text{mg/kg de CCl}_3 \text{ en} = \frac{(R)(V)}{M}$$

donde:

- V: Volumen de la disolución absorbadora = 0,5 l  
 R: Resultado del análisis cromatográfico, en µg/l  
 M: Peso de cloro líquido absorbido, en g

### 6.2.6.2 Calibración

Los pasos para preparar la curva de calibración son:

Antes de efectuar la calibración, corra un blanco de agua libre de sustancias orgánicas, para análisis de trazas o equivalente. El resultado de la concentración de los contaminantes no deberá exceder el 0,1 µg/l.

Preparar la solución estándar de referencia a partir de materiales estándares certificados puros.

- Tarar el recipiente donde se va a efectuar la preparación. (matraz con tapón de teflón o equivalente o de preferencia vial de 10 ml).
- Coloque 9,8 ml de metanol (grado pesticida o equivalente).
- Dejar reposar sin tapar por 10 min o hasta que todo el metanol que hubiera en las paredes del recipiente se haya evaporado.
- Anotar el peso del alcohol contenido en el recipiente con una precisión de 0,1 mg.
- Adicione inmediatamente dos gotas del material de referencia utilizando una micro jeringa de 100 µl o una micro pipeta capilar de vidrio.
- Pese nuevamente el recipiente, tápelo y mezcle el contenido por inversiones sucesivas durante 1 min. El tapón o sello deberá ser de teflón o equivalente.
- Calcule la concentración de la disolución obtenida en microgramos por microlitro. Corrija la concentración a partir de la pureza del material -10 °C.
- Almacene estas disoluciones de referencia a temperaturas entre -10 °C y -20 °C, protegido de la luz, mantener un mínimo espacio entre el líquido y el tapón.

Utilice la solución estándar de referencia para la preparación de soluciones estándares secundarias diluidas en metanol, de tal forma que se obtenga una concentración cercana a los 100 µg/ml; éstas pueden prepararse individualmente o mezclando los componentes de interés.

Almacene estas disoluciones a 4 °C protegido de la luz. Estos estándares pueden ser almacenados hasta por un mes siempre y cuando no haya espacio entre el líquido y el tapón, de lo contrario desecharse después de 24 h (Alternativamente pueden adquirirse comercialmente estas disoluciones certificadas con la concentración deseada).

Utilizando una micro jeringa de 25 µl, prepare por lo menos tres disoluciones de diferentes concentraciones para cada componente a evaluar, midiendo 20 µl de la disolución secundaria y diluyendo a 50, 250, 500 o al volumen de agua (libre de sustancias orgánicas, para análisis de trazas o equivalente) necesaria para que las concentraciones estén dentro del rango esperado para las muestras.



Estos estándares en solución acuosa pueden ser almacenados hasta por 24 h siempre y cuando no haya espacio entre el líquido y el tapón, de lo contrario desecharse después de una hora.

Coloque 10 µl del estándar acuoso (obtenido en el paso anterior) directamente en la jeringa de 5 ml conteniendo agua (libre de sustancias orgánicas, para análisis de trazas o equivalente) e inyecte de la misma manera que analiza las muestras. Repita para cada uno de las diferentes concentraciones de los estándares necesarios para la elaboración de la curva.

Repita el paso anterior usando la matriz (disolución de hipofosfito de sodio + bromuro de potasio K Br) en la jeringa de 5 ml.

Tabular los valores de respuesta obtenidos contra las concentraciones de cada componente para elaborar la gráfica, o bien, utilizar el software adecuado para la calibración del equipo introduciendo los datos obtenidos.

Una vez obtenidos los datos calcule el factor de respuesta como sigue:

$$FR = \frac{(A) (C_0)}{(A_0) (C)}$$

donde:

FR: Factor de respuesta  
A: Respuesta para el estándar en agua  
A<sub>0</sub>: Respuesta para el estándar en la matriz  
C: Concentración del estándar en agua  
C<sub>0</sub>: Concentración del estándar en la matriz

Los tiempos de retención pueden variar, sus valores aproximados son:

TR Cloroformo = 3,73 min  
TR Tetracloruro de carbono = 3,96 min

### **6.3 Ensayo de determinación de residuos no volátiles y humedad**

Este procedimiento aplica para la determinación de humedad y residuos no volátiles en muestras de cloro líquido.

#### **6.3.1 Resumen del método**

La humedad es determinada por el paso de la muestra vaporizada a través de un bulbo nesbitt empacado con perclorato de magnesio Mg(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> el cual absorbe la humedad y se determina gravimétricamente.

Los residuos no volátiles, por definición, son los residuos que se retienen en el frasco después de que el cloro líquido ha sido evaporado completamente y brevemente aireado con aire seco.

Esta determinación es también un procedimiento gravimétrico.

### 6.3.2 Aparatos

#### 6.3.2.1 Reactivos

- Acetona  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$
- Perclorato de magnesio anhidro  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$
- Fibra de vidrio
- Nitrógeno prepurificado
- Disolución de hidróxido de amonio 1:1

#### 6.3.2.2 Material

- Material común de laboratorio.

#### 6.3.2.3 Aparatos e instrumentos

- Balanza analítica con una precisión de 0,0001 g.
- Balanza de precisión.

### 6.3.3 Muestreo

El material se toma sin muestreo, se aplica al cloro líquido preparado.

### 6.3.4 Preparación de la muestra

Siendo que la muestra se introduce en forma directa, no requiere de preparación adicional.

Pero en forma paralela se realizan las siguientes preparaciones de disoluciones:

- Disolución de hidróxido de amonio 1:1.

Adicionar 500 ml de hidróxido de amonio en 500 ml de agua destilada y mezclar.

### 6.3.5 Procedimiento

El procedimiento para este ensayo determina primero preparar y acondicionar el tubo nesbitt y posteriormente, determinar la humedad y residuos no volátiles del cloro líquido.

#### 6.3.5.1 Preparación y acondicionamiento del bulbo nesbitt

- Remover todos los lubricantes de las juntas de vidrio y la humedad de los bulbos de absorción por enjuague de acetona primero, luego con agua destilada y secar en la estufa a  $105^\circ\text{C}$  durante 1 h.
- Colocar en el fondo del bulbo nesbitt, 2,5 cm de fibra de vidrio, agregar el perclorato de magnesio  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$ , dejando 2,5 cm libre para colocar otra capa de fibra de vidrio, poner grasa de silicón en las juntas y sujetar la tapa al cuerpo del bulbo nesbitt con ligas de hule para evitar fugas.
- Conectar el bulbo absorbedor de humedad a un cilindro de cloro, dejar pasar una cantidad de cloro gas equivalente a 500 g de cloro líquido, luego pase aire seco a 800 ml por min durante 20 min (acondicionar de esta manera los bulbos nesbitt nuevos).

### 6.3.5.2 Determinación de humedad y residuos no volátiles

- Ponga el bulbo nesbitt acondicionado y el matraz Erlenmeyer esmerilado de 500 ml, en la balanza analítica por 10 min y anote los pesos.
- Ponga el matraz en la balanza y pese 200 g de cloro líquido, (dentro de la campana extractora) anote el peso de la muestra.
- Coloque al matraz un tapón con junta de vidrio, abrir la válvula del bulbo nesbitt, ensamblar, permitir el paso del gas a través del bulbo y que el cloro se volatilice (se requieren de 1 ½ h a 2 h); purgar la salida en sosa diluida.
- Limpiar el matraz y colocarlo a una línea de vacío para eliminar por completo los gases de cloro que se encuentren dentro del matraz.
- Pasar a través del bulbo nesbitt nitrógeno prepurificado con flujo suave por 10 min.
- Cerrar la válvula del nitrógeno y la válvula del bulbo nesbitt y retirar del sistema.
- Limpiar con una franela y permitir se acondicione por 30 min. Pesar con precisión de 0,0001 g y anotar el peso del matraz que contiene los residuos no volátiles y del bulbo absorbedor de humedad.

### 6.3.6 Interpretación de resultados

#### 6.3.6.1 Contenido de residuos no volátiles, RNV

El contenido de residuos no volátiles, RNV, expresado en mg/kg, se obtiene por la siguiente ecuación:

$$\text{RNV} = \frac{(m_2 - m_1) \times 10^6}{m}$$

donde:

RNV: Residuos no volátiles, en mg/kg

$m_1$ : Peso inicial del matraz, en g

$m_2$ : Peso final del matraz, en g

$m$ : Peso de la muestra, en g

Para la determinación del contenido de residuos no volátiles, en %, se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{RNV} = \frac{(m_2 - m_1) \times 10^2}{m}$$

donde:

RNV: Residuos no volátiles, en %

$m_1$ : Peso inicial del matraz, en g

$m_2$ : Peso final del matraz, en g

$m$ : Peso de la muestra, en g

#### 6.3.6.2 Contenido de humedad

El contenido de humedad, expresado en mg/kg, se obtiene por la siguiente ecuación:

$$\text{Cont. H}_2\text{O} = \frac{(m_2 - m_1) \times 10^6}{m}$$

donde:

Cont. H<sub>2</sub>O: Contenido de humedad, en mg/kg  
 m<sub>1</sub>: Peso inicial del bulbo nesbitt, en g  
 m<sub>2</sub>: Peso final del bulbo nesbitt, en g  
 m: Peso de la muestra, en g

El contenido de humedad, expresado en %, se obtiene por la siguiente ecuación:

$$\text{Cont. H}_2\text{O} = \frac{(m_2 - m_1) \times 10^2}{m}$$

donde:

Cont. H<sub>2</sub>O: Contenido de humedad, en %  
 m<sub>1</sub>: Peso inicial del bulbo nesbitt, en g  
 m<sub>2</sub>: Peso final del bulbo nesbitt, en g  
 m: Peso de la muestra, en g

#### 6.4 Ensayo de determinación de pureza del cloro

Se utiliza para la determinación de la pureza del cloro y el contenido de oxígeno, nitrógeno y bióxido de carbono.

##### 6.4.1 Resumen del método

El cloro vaporizado es inyectado en un cromatógrafo de gases a través del puerto de inyección utilizando una válvula de muestreo de gases de 10 puertos y una válvula para controlar el flujo.

La separación tiene lugar en una columna empacada de Porapak Q o equivalente, con un tamiz molecular de 5 ángstrom de una longitud apropiada para que los picos no coincidan (no se encimen).

Cualquier componente que aparezca al mismo tiempo que los componentes de interés, puede interferir con este análisis.

##### 6.4.2 Aparatos

###### 6.4.2.1 Reactivos

- Concentraciones aproximadas: % v/v/ O<sub>2</sub> = 0,20
- Concentraciones aproximadas: % v/v/ N<sub>2</sub> = 0,10
- Concentraciones aproximadas: % v/v/ CO<sub>2</sub> = 0,30
- Solución de hidróxido de sodio al 15%
- Disolución de ácido clorhídrico 1:1

###### 6.4.2.2 Material

- Jeringas de plástico de 20 ml

### **6.4.2.3 Aparatos e instrumentos**

- Cromatógrafo de gases equipado con detector de conductividad térmica

### **6.4.3 Muestreo**

La muestra es el cloro líquido preparado.

### **6.4.4 Preparación de la muestra**

Siendo que la muestra se introduce en forma directa, no requiere de preparación previa. Pero en forma paralela se realizan las siguientes preparaciones de las disoluciones:

- Disolución de ácido clorhídrico 1:1

Diluya 500 ml de ácido clorhídrico concentrado en 500 ml de agua destilada.

### **6.4.5 Procedimiento**

#### **6.4.5.1 Encendido del instrumento**

Ponga en posición de encendido los interruptores del monitor, impresora y el CPU, del cromatógrafo de gases equipado con detector de conductividad térmica.

#### **6.4.5.2 Verificación de la calibración**

Determinar la respuesta de cada componente ( $O_2$ ,  $N_2$  y  $CO_2$ ) del estándar de calibración, y analizarlo como la muestra.

En todos los casos aparecerá al final de la corrida un reporte con el cromatograma del estándar y los porcentajes en volumen de cada impureza (hidrógeno ( $H_2$ ), oxígeno ( $O_2$ ), nitrógeno ( $N_2$ ) y bióxido de carbono ( $CO_2$ )) detectadas en la muestra.

Se recomienda efectuar por lo menos tres corridas y usar el promedio de los valores como el factor de respuesta.

Si ya están dentro de los límites, capturarlos en el registro correspondiente; caso contrario, repetir la recalibración máximo 2 veces.

#### **6.4.5.3 Análisis de la muestra**

Conectar la muestra al puerto de inyección del cromatógrafo de gases, la salida del mismo debe estar siempre sumergida en una solución diluida de hidróxido de sodio.

Ajustar el flujo del cloro de tal manera que el burbujeo en la solución diluida sea lento y constante (barrer por 10 s a 15 s) e iniciar la corrida.

El tiempo de análisis dependerá de cada instrumento; generalmente el tiempo máximo de análisis será de 10 min.

Calcular el área (en algunos casos aparecerá al final de la corrida un reporte con el cromatograma de la muestra y los porcentajes en volumen de cada impureza o áreas de hidrógeno ( $H_2$ ), oxígeno ( $O_2$ ), nitrógeno ( $N_2$ ) y bióxido de carbono ( $CO_2$ ) detectada en la muestra.

Depende del equipo utilizado para registrar las señales (registrador, integrador o computadora).

#### 6.4.6 Interpretación de resultados

Calcular el % en volumen de pureza en la muestra de cloro líquido, aplicando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Pureza Cl}_2 = 100 \% - (\text{O}_2 + \text{N}_2 + \text{CO}_2)$$

donde:

% Pureza Cl<sub>2</sub>: Porcentaje de pureza del cloro líquido

O<sub>2</sub>: Oxígeno, en % en volumen

N<sub>2</sub>: Nitrógeno, en % en volumen

CO<sub>2</sub>: Bióxido de carbono, en % en volumen.

#### 6.5 Repetición de pruebas

Si el cloro enviado no cumple con los requisitos de esta norma, el comprador debe enviar un informe de no conformidad al vendedor dentro de los 10 días hábiles después de recibido el despacho en el punto de destino.

El resultado de la prueba del comprador prevalecerá a menos que el vendedor notifique al comprador dentro de los 5 días hábiles después de recibido el informe de no conformidad que se desea una nueva prueba.

Recibido el requerimiento para una reprueba el vendedor notificará al comprador que realizará repruebas con muestras tomadas de acuerdo a 6.1.1.

En el caso de que los resultados obtenidos por el vendedor en reprueba no estén acordes con los resultados obtenidos por el comprador, una última muestra deberá enviarse a un laboratorio calificado acordado por ambas partes para el análisis.

Los resultados del análisis de este laboratorio deberán aceptarse como finales. El costo de los análisis de este laboratorio deberá ser pagado por el vendedor del material, si el material no cumple los parámetros de esta norma; o por el comprador, si satisface esta norma.

#### 6.6 Rechazo

El cloro líquido debe cumplir los criterios de esta norma y se rechazará el material siempre y cuando el material no cumpla con las especificaciones establecidas en esta norma y las adicionales que el comprador pueda establecer en la orden de compra, se debe notificar al vendedor inmediatamente se detecte este incumplimiento, pero en cualquier caso, dentro de los 30 días siguientes a la recepción del material.

#### 6.7 Retiro del material

En este caso el vendedor debe retirar el producto no conforme de las bodegas del comprador y reemplazarlo por cantidad igual de producto que cumpla con las especificaciones pactadas.

Si existe una solución apropiada y segura, se puede acordar un ajuste de precio entre el comprador y el vendedor.

## **7 INSPECCIONES Y CERTIFICACIONES**

### **7.1 Inspección**

Todos los contenedores deben ser cuidadosamente examinados por el proveedor como se indica en el folleto 17 del Instituto del Cloro, incluyendo la verificación de contenedores de propiedad privada con el fin de detectar la existencia de fugas antes de llenarlos.

Cualquier contenedor que presente evidencias de fugas, daños o corrosión debe ser rechazado.

Los cilindros contenedores de cloro, las válvulas, sus empaques y roscados deben estar en buena condición mecánica y deben operar normalmente con una llave no mayor a 0,2 m (8 plg).

Si alguno de los contenedores no cumple las condiciones establecidas en los anteriores documentos en todos sus aspectos aplicables, el fabricante o envasador que suministra el cloro debe ser notificado inmediatamente y se deben tomar acciones para corregir el problema tan pronto como sea posible.

El proveedor debe realizar inspecciones de rutina y limpieza del interior de los contenedores, dada la posibilidad de formación de contaminantes cuando el cloro es retirado como gas.

### **7.2 Certificado de cumplimiento o análisis certificado**

El comprador puede solicitarle al fabricante o al envasador un certificado en donde se establezca que el cloro líquido suministrado bajo la orden de compra en el momento de cargar el contenedor, cumple con todos los requisitos de esta norma, o que el fabricante o el envasador suministren análisis certificados del cloro líquido en el momento de la carga, en donde se contemplen los ensayos requeridos.

## **8 EMPAQUE, ENVÍO, MANEJO Y ROTULADO**

### **8.1 Empaque y envío**

El fabricante o envasador debe despachar el cloro líquido en contenedores que cumplan todas las condiciones establecidas en las reglamentaciones para materiales peligrosos.

Los contenedores se deben inspeccionar, reacondicionar, limpiar, mantener y cargar de acuerdo con la última versión del folleto N° 17 del Instituto del Cloro.

#### **8.1.1 Precauciones en el empaque**

Los envasadores que reciban cloro líquido de un fabricante deben tener cuidado especial en las operaciones de envase, de manera que no se adicione humedad u otros contaminantes que aumenten la formación del cloruro férrico u otro material peligroso que pueda tapar las válvulas, los evaporadores o los clorinadores.

### 8.1.2 Densidad de llenado

La densidad de llenado máxima permitida es 125 %, la densidad de llenado se define como la relación porcentual del peso del cloro en el contenedor al peso del agua que el contenedor soporta a 15,6 °C.

### 8.1.3 Almacenamiento

Los recipientes con cloro deben estar ubicados en sitios aislados abiertos o cerrados, siempre y cuando tengan estos últimos sistemas de extracción y absorción de Cloro.

## 8.2 Manejo

Las etapas de la manipulación de las sustancias químicas desde su recepción hasta su aplicación, se encuentran determinadas en el capítulo 6 del reglamento técnico de diseño para plantas potabilizadoras de agua, de la NB 689.

### 8.3 Rotulado

Cada contenedor debe tener la identificación del material que contiene y debe llevar la información preventiva requerida, según la legislación vigente relacionada con la naturaleza peligrosa del cloro.

El cloro líquido se clasifica como gas comprimido no inflamable.

Se debe tomar en cuenta lo establecido en la norma NTC 1692.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

Las normas de referencia que se presentan en este numeral, contienen disposiciones y requisitos que son parte de esta norma y se consideran valederas para la presente norma.

En caso de conflicto prevalecerá lo establecido en esta Norma.

|                                  |                                                                                                                                 |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ASTM E410                        | Cloro líquido. Determinación de humedad y residuos                                                                              |
| ASTM E412                        | Cloro líquido. Método de ensayo (Método de amalgama de zinc).                                                                   |
| ASTM E506                        | Cloro líquido. Determinación de Mercurio                                                                                        |
| ASTM E806                        | Cloro líquido. Determinación de tetracloruro de carbono y de cloroformo por inyección directa (método de cromatografía de gas). |
| AWWA B300                        | Hipocloritos (NTC 1847)                                                                                                         |
| ANSI/AWWA B301                   | Standard for liquid chlorine                                                                                                    |
| Instituto del Cloro Folleto # 17 | Procedimientos para envasar cloro en cilindros y contenedores                                                                   |
| Instituto del Cloro Folleto # 7  | Cloro líquido. Muestreo. Seguridad.                                                                                             |
| COMPRESSED GAS                   | Inspección visual para cilindros de gas comprimido.                                                                             |
| ASSOCIATION # C6                 |                                                                                                                                 |



## **IBNORCA: Instituto Boliviano de Normalización y Calidad**

IBNORCA creado por Decreto Supremo N° 23489 de fecha 1993-04-29 y ratificado como parte componente del Sistema Boliviano de la Calidad (SNMAC) por Decreto Supremo N°24498 de fecha 1997-02-17, es la Organización Nacional de Normalización responsable del estudio y la elaboración de Normas Bolivianas.

Representa a Bolivia ante los organismos Subregionales, Regionales e Internacionales de Normalización, siendo actualmente miembro activo del Comité Andino de Normalización CAN, de la Asociación MERCOSUR de Normalización AMN, miembro pleno de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas COPANT, miembro de la International Electrotechnical Commission IEC y miembro correspondiente de la International Organization for Standardization ISO.

### **Revisión**

Esta norma está sujeta a ser revisada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

### **Características de aplicación de Normas Bolivianas**

Como las normas técnicas se constituyen en instrumentos de ordenamiento tecnológico, orientadas a aplicar criterios de calidad, su utilización es un compromiso concienical y de responsabilidad del sector productivo y de exigencia del sector consumidor.

### **Información sobre Normas Técnicas**

IBNORCA, cuenta con un Centro de Información y Documentación que pone a disposición de los interesados Normas Internacionales, Regionales, Nacionales y de otros países.

### **Derecho de Propiedad**

IBNORCA tiene derecho de propiedad de todas sus publicaciones, en consecuencia la reproducción total o parcial de las Normas Bolivianas está completamente prohibida.

MINISTERIO DEL AGUA  
VICEMINISTERIO DE SERVICIOS BÁSICOS

## **Productos químicos para uso industrial - Hipocloritos usados para el tratamiento de aguas**

Primera revisión

ICS 71.060.10 Elementos químicos

Abril 2007



Ministerio del Agua  
Viceministerio de  
Servicios Básicos



## Prefacio

La revisión y actualización de la Norma Boliviana **NB 649-07 “Productos químicos para uso industrial - Hipocloritos utilizados para el tratamiento de aguas (Primera revisión)”**, ha sido encomendada al Comité Técnico de Normalización **CTN 7.3 “Productos químicos”**.

Las instituciones y representantes que participaron fueron los siguientes:

| <b>REPRESENTANTE</b> | <b>INSTITUCIÓN</b>    |
|----------------------|-----------------------|
| Reynaldo Villalba    | UNI/VSB (Coordinador) |
| Luís Víctor Rico     | ABIS                  |
| José Luís Castagné   | ABIS                  |
| Grover Rivera        | IIS-UMSA              |
| José Díaz            | IIS-UMSA              |
| Ronny Vega           | ANESAPA               |
| Leonardo Cuaquira    | CONSULTOR             |
| Fernando Inchauste   | CONSULTOR             |
| Humberto Obleas      | CONSULTOR             |
| Patricia Ancalle     | CONSULTOR             |
| Gonzalo Dalence E.   | IBNORCA               |

Fecha de aprobación por el Comité Técnico de Normalización 2007-02-12

Fecha de aprobación por el Consejo Rector de Normalización 2007-03-29

Fecha de aprobación por la Junta Directiva del IBNORCA 2007-04-13

## Informe

La actualización de esta Norma fue realizada por el Viceministerio de Servicios Básicos/ Ministerio del Agua, a la cabeza del Ing. Alcides Franco Torrico, Viceministro de Servicios Básicos, con financiamiento del Proyecto de Asistencia Técnica/ASDI y la supervisión de la Unidad de Normas e Institucionalidad del Viceministerio de Servicios Básicos.

Esta Norma ha sido elaborada en el marco de una consultoría y su revisión y aprobación fueron realizadas por el Comité Técnico de Normalización CTN 12.17.

Asimismo, la revisión de esta Norma se realizó en talleres técnicos regionales en las ciudades de Cochabamba, Santa Cruz y La Paz, con la participación y el aporte de los siguientes profesionales e instituciones:

### VALLE

|                  |                   |                   |                     |
|------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Severo Vega      | ABIS – Cochabamba | Edgar Armaza      | SEMAPA              |
| Jhony Pérez      | ABIS – Cochabamba | Carlos Peláez     | SEMAPA              |
| Marcelo Crespo   | ABIS – Cochabamba | Jorge Heredia     | SEMAPA              |
| Julio Fuentes    | ABIS – Cochabamba | Leonardo Salinas  | SEMAPA              |
| J. Carlos Guzmán | GM – Cochabamba   | Vanessa Selaya    | SEMAPA              |
| Cristian Cuellar | GM – Cochabamba   | Vladimir Valda    | ELAPAS – Sucre      |
| Franco Burgulla  | GM – Quillacollo  | Edgar A. Nava     | ELAPAS – Sucre      |
| Eduard Montalvo  | GM – Tapacarí     | Marcelo Encalada  | FUNDACION SODIS     |
| Jorge P. Vargas  | GM – Tapacarí     | Leonardo Anaya    | AGUILAR & ASOCIADOS |
| Julio Mercado    | GM – Colcapirhua  | Edwing Miranda    | FHI                 |
| Luis Coca        | FPS – Cochabamba  | Franklin Antezana | EMPROCIV SRL        |
| Jenny Rojas      | CASA – UMSS       | Oscar Zelada      | EMPRESIB            |
| Fernando Pérez   | AMDECO            | Wilfredo Veizaga  | MONTERREY SRL       |
| Ronald Baldellon | MACOTI            | José Veizaga      | MONTERREY SRL       |
| Mirtha Baptista  | CONSULTORA        | Marcelo Calizaya  | CONSULTOR           |

### TRÓPICO

|                    |                     |                    |                    |
|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Marco A. Gutiérrez | VSBS – PROAT        | Rolando de Chazal  | SAGUAPAC           |
| Alexis Meruvia     | VSBS – PROAT        | Milton Von Borries | SAGUAPAC           |
| Eduardo Ugarteche  | ABIS Santa Cruz     | Erwin Medrano      | SAGUAPAC           |
| Guido Casso        | SIB Santa Cruz      | Roberto Cruz       | ACSAACRUZ          |
| Mauricio Flores    | SIB Santa Cruz      | Eladio Arequino    | COOP. SAJUBA       |
| Luisa Dorado       | PREFECTURA SCZ      | Ciriaco Coro       | COOP. SAJUBA       |
| Saud Yuja Gomez    | GM Trinidad, Beni   | Teresa Romero      | COOP. SAJUBA       |
| Ramiro Plaza       | FPS Santa Cruz      | Luis Bravo         | COOP. EL CARMEN    |
| Eduardo Cuestas    | FPS Santa Cruz      | Ariel Méndez       | COOP. COSPOL       |
| Germán Palenque    | UAGRM               | David Saavedra     | COOP. COSPOL       |
| Efraín Capobianco  | UAGRM – SIMAC       | José A. Chacón     | COSIMBO LTDA       |
| Juan E. Ribera     | UAGRM – SIMAC       | Rubén Angulo       | RAS – AVALUOS      |
| Silvana Balcázar   | CADECO – Santa Cruz | Mario E. Sandy     | PLAN INTERNACIONAL |
| José L. Padilla    | CONSULTOR           |                    |                    |

**ALTIPLANO**

|                    |                |                     |                     |
|--------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| Marco A. Gutiérrez | VSB – PROAT    | Carlos España       | UMSA Postgrado      |
| Alexis Meruvia     | VSB – PROAT    | Ángel Aliaga        | UMSA – IIH          |
| Víctor Rico        | ABIS – La Paz  | Gualberto Gutiérrez | UTO                 |
| Jose L. Castagné   | ABIS – La Paz  | Armando Garnica     | UTO                 |
| Orlando Camacho    | ABIS – La Paz  | Amilkar Ilaya       | UTO                 |
| Oswaldo Sánchez    | ABIS – La Paz  | Lina Fernández      | UTO                 |
| Iván Bolívar       | PREFECTURA LP  | José Huanca         | CARITAS             |
| Marcial Medina     | PREFECTURA LP  | Adolfo Gallardo     | ISERV ARQUITECTURA  |
| Edson Aranibar     | PREFECTURA LP  | Israel Antequera    | GREGORY MORRIS      |
| Carlos R. Morales  | PREFECTURA PT  | Daly Salvatierra    | AGUILAR & ASOCIADOS |
| Marco A. Gómez     | PREFECTURA PT  | Marvin Botello      | PLAMAT S.A.         |
| Ronald Beltrán     | GM – La Paz    | Gonzalo Vargas      | PLASMAR S.A.        |
| Carlos García      | GM – La Paz    | Oscar Quiroga       | PLASMAR S.A.        |
| Ramiro Encinas     | FPS – Nacional | Marcelo Barrero     | SUMINDUS            |
| Eufracio Choque    | FPS – La Paz   | Alfonso Pomarino    | CONSULTOR           |
| Alexandra Sandi    | FPS – La Paz   | Francisco Alvizuri  | CONSULTOR           |
| Ingrid Vásquez     | FNDR           | Juan C. Fernández   | CONSULTOR           |
| Hugo Jiménez       | SISAB          | Humberto Cordero    | CONSULTOR           |
| Roger Yugar        | PROAGUAS       | Leonardo Cuaquira   | CONSULTOR           |
| Juan Correa        | AAPOS – Potosí |                     |                     |

**ELABORACIÓN:**

|                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| Fernando Inchauste Morales | Consultor principal |
| Humberto Obleas Arandia    | Consultor           |
| Patricia Ancalle Mamani    | Consultora          |

**FINANCIADOR:**

Agencia Sueca de Cooperación para el  
para el Desarrollo Internacional (Asdi)

# ÍNDICE

|          | Página                                                                                              |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>0</b> | <b>INTRODUCCIÓN..... 219</b>                                                                        |
| 0.1      | Sistema de unidades ..... 219                                                                       |
| 0.2      | Compuestos químicos ..... 219                                                                       |
| 0.3      | Variables ..... 219                                                                                 |
| 0.4      | Abreviaturas..... 219                                                                               |
| <b>1</b> | <b>OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN ..... 219</b>                                                       |
| <b>2</b> | <b>REFERENCIAS ..... 220</b>                                                                        |
| <b>3</b> | <b>DEFINICIONES ..... 220</b>                                                                       |
| 3.1      | Cal clorada ..... 220                                                                               |
| 3.2      | Comprador ..... 220                                                                                 |
| 3.3      | Fabricante ..... 220                                                                                |
| 3.4      | Hipoclorito de calcio ..... 220                                                                     |
| 3.5      | Hipoclorito de sodio ..... 220                                                                      |
| 3.6      | Vendedor ..... 220                                                                                  |
| <b>4</b> | <b>CLASIFICACIÓN..... 220</b>                                                                       |
| 4.1      | Cal clorada..... 221                                                                                |
| 4.2      | Hipoclorito de calcio..... 221                                                                      |
| 4.3      | Hipoclorito de sodio ..... 221                                                                      |
| <b>5</b> | <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ..... 221</b>                                                          |
| 5.1      | Descripción ..... 221                                                                               |
| 5.1.1    | Cal clorada..... 221                                                                                |
| 5.1.2    | Hipoclorito de calcio..... 221                                                                      |
| 5.1.3    | Hipoclorito de sodio ..... 221                                                                      |
| 5.1.4    | Cloro disponible ..... 222                                                                          |
| 5.2      | Requisitos ..... 222                                                                                |
| 5.2.1    | Requisitos físicos..... 222                                                                         |
| 5.2.2    | Requisitos químicos..... 222                                                                        |
| 5.3      | Impurezas ..... 222                                                                                 |
| 5.3.1    | Impurezas generales ..... 222                                                                       |
| 5.3.2    | Límite específico de impurezas ..... 223                                                            |
| <b>6</b> | <b>MÉTODOS DE ENSAYO..... 223</b>                                                                   |
| 6.1      | Muestreo general y tipos de ensayo ..... 223                                                        |
| 6.1.1    | Muestreo general..... 223                                                                           |
| 6.1.1.1  | Punto de muestreo ..... 223                                                                         |
| 6.1.1.2  | Procedimiento de muestreo..... 223                                                                  |
| 6.1.2    | Tipos de ensayo ..... 223                                                                           |
| 6.2      | Ensayo para determinar el cloro disponible en la cal<br>clorada y en hipoclorito de calcio..... 224 |
| 6.2.1    | Resumen del método..... 224                                                                         |
| 6.2.2    | Reactivos ..... 224                                                                                 |
| 6.2.3    | Muestreo..... 224                                                                                   |
| 6.2.4    | Preparación de la muestra..... 224                                                                  |
| 6.2.5    | Procedimiento..... 224                                                                              |
| 6.2.6    | Interpretación de resultados ..... 225                                                              |

|          |                                                                             |            |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.3      | Ensayo para determinar el cloro disponible en el hipoclorito de sodio.....  | 225        |
| 6.3.1    | Resumen del método.....                                                     | 225        |
| 6.3.2    | Reactivos .....                                                             | 225        |
| 6.3.3    | Muestreo .....                                                              | 225        |
| 6.3.4    | Preparación de la muestra.....                                              | 225        |
| 6.3.5    | Procedimiento .....                                                         | 226        |
| 6.3.6    | Interpretación de resultados .....                                          | 226        |
| 6.4      | Ensayo para determinar el álcali libre en el hipoclorito de sodio .....     | 226        |
| 6.4.1    | Resumen del método.....                                                     | 226        |
| 6.4.2    | Reactivos .....                                                             | 226        |
| 6.4.3    | Muestreo .....                                                              | 226        |
| 6.4.4    | Preparación de la muestra.....                                              | 227        |
| 6.4.5    | Procedimiento .....                                                         | 227        |
| 6.4.6    | Interpretación de resultados .....                                          | 227        |
| 6.5      | Ensayo para determinar la materia insoluble en el hipoclorito de sodio..... | 227        |
| 6.5.1    | Resumen del método.....                                                     | 227        |
| 6.5.2    | Reactivos, aparatos e instrumentos .....                                    | 227        |
| 6.5.3    | Muestreo .....                                                              | 227        |
| 6.5.4    | Preparación de la muestra.....                                              | 228        |
| 6.5.5    | Procedimiento .....                                                         | 228        |
| 6.5.6    | Interpretación de resultados .....                                          | 228        |
| 6.6      | Repetición de pruebas .....                                                 | 228        |
| 6.7      | Rechazo.....                                                                | 229        |
| 6.8      | Retiro del material.....                                                    | 229        |
| <b>7</b> | <b>INSPECCIONES Y CERTIFICACIONES .....</b>                                 | <b>229</b> |
| 7.1      | Declaración de conformidad .....                                            | 229        |
| <b>8</b> | <b>EMPAQUE, ENVÍO, MANEJO Y ROTULADO.....</b>                               | <b>229</b> |
| 8.1      | Empaque y envío .....                                                       | 229        |
| 8.1.1    | Cal clorada.....                                                            | 229        |
| 8.1.2    | Hipoclorito de calcio.....                                                  | 229        |
| 8.1.3    | Hipoclorito de sodio .....                                                  | 230        |
| 8.2      | Peso o volumen neto .....                                                   | 230        |
| 8.3      | Manejo .....                                                                | 230        |
| 8.4      | Rotulado .....                                                              | 230        |
| <b>9</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                                                    | <b>231</b> |

## Productos químicos para uso industrial - Hipocloritos usados para el tratamiento de aguas

### 0 INTRODUCCIÓN

#### 0.1 Sistema de unidades

|                  |                   |
|------------------|-------------------|
| %                | Porcentaje        |
| °C               | Grados Celsius    |
| °F               | Grados Fahrenheit |
| cm <sup>3</sup>  | Centímetro cúbico |
| g                | Gramo             |
| kg               | Kilogramo         |
| l                | Litro             |
| lb               | Libra             |
| ml               | Mililitro         |
| pie <sup>3</sup> | Pie cúbico        |

#### 0.2 Compuestos químicos

|                                           |                       |              |
|-------------------------------------------|-----------------------|--------------|
| CaO 2CaOCl <sub>2</sub> 3H <sub>2</sub> O | Cal clorada           | adimensional |
| Ca(OCl) <sub>2</sub>                      | Hipoclorito de calcio | adimensional |
| NaOCl                                     | Hipoclorito de sodio  | adimensional |
| NaOH                                      | Hidróxido de sodio    | adimensional |
| HCl                                       | Ácido clorhídrico     | adimensional |

#### 0.3 Variables

|    |                   |    |
|----|-------------------|----|
| N  | Normalidad        |    |
| CD | Cloro disponible  | %  |
| V  | Volumen           | ml |
| AL | Álcali libre      | %  |
| MI | Materia insoluble | %  |

#### 0.4 Abreviaturas

|      |                                           |
|------|-------------------------------------------|
| ANSI | American National Standard Institute      |
| AWWA | American Water Works Association Standard |

### 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma se aplica a la cal clorada, el hipoclorito de sodio y el hipoclorito de calcio y establece especificaciones que deben cumplir para el uso de cualquiera de estos materiales en su uso para potabilización del agua para uso y consumo humano (tratamiento de suministros de agua potable e industrial), así como la metodología de muestreo y los métodos de prueba para determinarlas.

Los hipocloritos son materiales oxidantes usados generalmente como un desinfectante por las empresas de servicio público encargadas del tratamiento de agua.



Los hipocloritos y el cloro (véase NB 648), son los más importantes materiales usados para la desinfección en plantas de agua, entre otros materiales se tiene al ozono, la radiación UV, el pH alcalino, metales como el cobre y la plata, surfantes, permanganato potásico e irradiación por haces.

## **2 REFERENCIAS**

Las normas de referencia que se presentan en esta norma, contienen disposiciones y requisitos que son parte de esta norma y se consideran valederas para la presente norma.

En caso de conflicto prevalecerá lo establecido en esta norma.

NB 689 Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua potable

NB 648 Productos químicos para uso industrial - Cloro líquido

## **3 DEFINICIONES**

Para el propósito de esta norma se aplican las siguientes definiciones:

### **3.1 Cal clorada**

Polvo fino de color blanco amarilloso e higroscópico con una densidad que varía entre 0,61 g/cm<sup>3</sup> a 0,85 g/cm<sup>3</sup> (38 lb/pie<sup>3</sup> y 55 lb/pie<sup>3</sup>) que contiene cierta cantidad en peso de cloro disponible.

### **3.2 Comprador**

La persona, compañía u organización que adquiere cualquier materia o trabajo para ser posteriormente utilizado.

### **3.3 Fabricante**

La parte que fabrica o produce materiales o productos.

### **3.4 Hipoclorito de calcio**

El hipoclorito de calcio es un polvo blanco, amarillento granular, o en forma de tableta que contiene un cierto porcentaje en peso de cloro disponible.

### **3.5 Hipoclorito de sodio**

La solución del hipoclorito de sodio es un líquido transparente de color amarillo que contiene cierta cantidad de cloro disponible.

### **3.6 Vendedor**

La parte que suministra materiales o servicios. El vendedor puede ser o no ser el fabricante.

## **4 CLASIFICACIÓN**

La presente norma se aplica para los siguientes materiales:

#### 4.1 Cal clorada

Polvo fino de color blanco amarilloso e higroscópico con una densidad que varía entre 0,61 g/cm<sup>3</sup> a 0,85 g/cm<sup>3</sup> (38 lb/pie<sup>3</sup> y 55 lb/pie<sup>3</sup>) que contiene cierta cantidad en peso de cloro disponible.

#### 4.2 Hipoclorito de calcio

El hipoclorito de calcio es un polvo blanco, amarillento granular, o en forma de tableta que contiene un cierto porcentaje en peso de cloro disponible.

#### 4.3 Hipoclorito de sodio

La solución del hipoclorito de sodio es un líquido transparente de color amarillo que contiene cierta cantidad de cloro disponible.

### 5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

#### 5.1 Descripción

Cada uno de los materiales que hace referencia esta norma, tiene las siguientes características:

##### 5.1.1 Cal clorada

Polvo fino de color blanco amarilloso e higroscópico con una densidad que puede fluctuar entre 0,61 g/cm<sup>3</sup> a 0,85 g/cm<sup>3</sup> (38 lb/pie<sup>3</sup> y 55 lb/pie<sup>3</sup>), que contiene entre 25 partes y 375 partes en peso de cloro disponible.

La cal clorada se obtiene por la acción del cloro sobre una cal apagada seleccionada. El material contiene algo de cal libre. La fórmula exacta es materia de controversia. Una de las fórmulas mas aceptadas es  $\text{CaO} \cdot 2\text{CaOCl}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .

##### 5.1.2 Hipoclorito de calcio

El hipoclorito de calcio  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  es un polvo blanco, amarillento granular, o en forma de tableta que contiene de 65 % a 70 % en peso de cloro disponible.

La densidad aparente del polvo granular varía de 0,51 g/cm<sup>3</sup> a 0,80 g/cm<sup>3</sup> (32 lb/pie<sup>3</sup> a 50 lb/pie<sup>3</sup>) y la densidad aparente de las tabletas fluctúa de 1,1 g/cm<sup>3</sup> a 1,3 g/cm<sup>3</sup> (68 lb/pie<sup>3</sup> a 80 lb/pie<sup>3</sup>).

Puede fabricarse por reacción controlada del cloro sobre la lechada de cal, la cual puede prepararse por mezclado de la cal hidratada con agua o apagando la cal viva con agua.

##### 5.1.3 Hipoclorito de sodio

La solución del hipoclorito de sodio ( $\text{NaOCl}$ ) es un líquido transparente de color amarillo que contiene por encima de 160 g/l de cloro disponible (16 %).

Un método de obtenerlo es fabricarlo pasando cloro (gaseoso) a través de una solución de soda cáustica o a través de una mezcla de soda cáustica y carbonato de sodio.

### 5.1.4 Cloro disponible

El cloro disponible es un término usado para expresar el poder oxidante del cloro contenido en los compuestos descritos en esta norma.

Puede ser expresado por cualquiera de los tres modos siguientes, cuyas fórmulas básicas son:

$$\text{Volumen \%} = \frac{\text{gramos disponibles de cloro por litro}}{10}$$

$$\% \text{ en peso de cloro disponible} = \frac{(\% \text{ volumen})}{\text{gravedad específica de la solución}}$$

$$\% \text{ en peso de cloro disponible} = \frac{\text{gramos / litro}}{10 \cdot \text{gravedad específica de la solución}}$$

## 5.2 Requisitos

### 5.2.1 Requisitos físicos

La cal clorada debe estar substancialmente libre de terrones y no contener suciedad o material extraño.

El hipoclorito de calcio en polvo granular debe estar libre de terrones y máximo el 10 % del polvo pasará a través del tamiz N° 100 US, además no contendrá suciedad ni material extraño.

Las tabletas de hipoclorito de calcio deben ser uniformes. El peso de las tabletas no variará más de 5 % del valor promedio establecido en la etiqueta. No más del 2 % de las tabletas deberán estar rotas.

### 5.2.2 Requisitos químicos

La cal clorada contendrá mínimo el 25 % en peso de cloro disponible.

El hipoclorito de calcio contendrá mínimo el 65 % en peso del cloro disponible en el momento de su envío.

El hipoclorito de sodio contendrá mínimo 100 g/l de cloro disponible, equivalente al 10 % en peso (véase 5.1.4). El total de base disponible (como NaOH) en el hipoclorito de sodio no excederá del 1,5 % en peso.

## 5.3 Impurezas

### 5.3.1 Impurezas generales

Los hipocloritos suministrados bajo esta norma no contendrán material insoluble o sustancias orgánicas en cantidades capaces de producir efectos peligrosos o deterioro en la salud de quienes consumen el agua que es tratada con estos hipocloritos.

### 5.3.2 Límite específico de impurezas

El Water Chemicals Codex y sus complementos contienen la información detallada para la determinación de la aceptación de aditivos para uso en tratamiento de agua potable. Se recomienda que el comprador solicite para las especificaciones complementarias el cumplimiento con la Water Chemicals Codex.

## 6 MÉTODOS DE ENSAYO

### 6.1 Muestreo general y tipos de ensayo

#### 6.1.1 Muestreo general

##### 6.1.1.1 Punto de muestreo

Las muestras deben ser tomadas en el punto de destino.

##### 6.1.1.2 Procedimiento de muestreo

Como mínimo el 5 % de los paquetes o recipientes deben ser muestreados y no debe tomarse muestras de paquetes o recipientes rotos.

El hipoclorito en forma de gránulos o pulverizado, debe muestrearse utilizando un tubo muestreador con un diámetro mínimo de 19 mm (3/4 de plg). Las tabletas deberán seleccionarse al azar de cada recipiente muestreado.

La muestra total de hipoclorito que se presente en sus formas sólidas deberá pesar como mínimo 16 lb (7,3 kg), debe mezclarse completamente y dividirse para suministrar tres muestras de 1 lb (0,45 kg).

Las muestras obtenidas se colocan en recipientes de vidrio resistentes a la humedad y sellados herméticamente. Cada muestra debe identificarse con su rotulo respectivo, el cual debe ser fechado y firmado por la persona que realizó el muestreo. Lo anterior, deberá hacerse rápida y cuidadosamente para evitar la pérdida de cloro.

El hipoclorito de sodio debe mezclarse completamente en recipientes adecuados antes del muestreo. La muestra total recogida en un recipiente limpio de porcelana o vidrio deberá contener como mínimo 9,5 l.

Esta muestra debe mezclarse completamente y dividirse para suministrar tres muestras de 0,47 l, éstas deben protegerse de la humedad, colocarse en un recipiente de plástico o de vidrio y sellarse herméticamente. Cada muestra deberá identificarse con su rótulo respectivo, el cual debe ser fechado y firmado por la persona que realizó el muestreo.

#### 6.1.2 Tipos de ensayo

Las determinaciones de cloro disponible en cal clorada, hipoclorito de calcio y en hipoclorito de sodio, del álcali libre y de la materia insoluble en el hipoclorito de sodio se determinan bajo los siguientes ensayos:

- Ensayo para determinar el cloro disponible en la cal clorada y en hipoclorito de calcio. (véase 6.2)
- Ensayo para determinar el cloro disponible en hipoclorito de sodio. (véase 6.3)

- Ensayo para determinar el álcali libre en el hipoclorito de sodio. (véase 6.4)
- Ensayo para determinar la materia insoluble en el hipoclorito de sodio. (véase 6.5)

## **6.2 Ensayo para determinar el cloro disponible en la cal clorada y en hipoclorito de calcio**

### **6.2.1 Resumen del método**

El cloro disponible tanto en la cal clorada como en el hipoclorito de calcio, se determina con la adición de cristales de yoduro de potasio (libres de yodato), de ácido acético glacial y titulación con tiosulfato de sodio.

### **6.2.2 Reactivos**

- Yoduro de potasio en cristales (libre de yodato)
- Solución indicadora de almidón
- Tiosulfato de sodio 0,1 N
- Ácido acético glacial

### **6.2.3 Muestreo**

Las muestras de cal clorada e hipoclorito de calcio deben dividirse cuidadosa y rápidamente en porciones de 100 g. Después de mezclarse estas muestras deben almacenarse en recipientes de vidrio herméticos y deben mantenerse en un lugar oscuro, frío y seco, excepto cuando estas muestras se están pesando, los recipientes deben mantenerse cerrados para evitar la pérdida de cloro disponible.

La evaluación de las muestras en el laboratorio, debe hacerse inmediatamente después de la recepción del despacho.

Las muestras deben almacenarse durante un mínimo de treinta (30) días o partir de la fecha de recepción del despacho, antes de proceder a eliminarlas.

### **6.2.4 Preparación de la muestra**

De una de las muestras de cal clorada e hipoclorito de calcio que se ha colocado en recipientes de vidrio herméticos y que se mantienen en lugar oscuro, frío y seco que tienen porciones de 100 g, se toma una muestra de 5 g, que será la muestra para el ensayo.

### **6.2.5 Procedimiento**

Se colocan 5 g de cal clorada o hipoclorito de calcio en un mortero no metálico, se humedece con agua destilada y se tritura hasta que las partículas sean impalpables.

Se transfiere a un balón aforado de 1 l adicionando agua destilada, posteriormente se lleva a volumen y se mezcla.

Se toman 25 ml de la solución del balón aforado de 1 l y se colocan en un Erlenmeyer de 250 ml, a continuación se adiciona 1 g de cristales de yoduro de potasio y se acidifica con más o menos 4 ml de ácido acético glacial, después se titula con tiosulfato de sodio 0,1 N hasta que el color amarillo del yodo tiende a desaparecer. Se adiciona alrededor de 1 ml de la solución de almidón y continuar con la titulación hasta que el color azul desaparezca completamente.

### 6.2.6 Interpretación de resultados

El cloro disponible en la muestra de 5 g que se ha ensayado, en porcentaje, viene determinado por:

$$CD = \frac{40 \cdot 0,03545 \cdot 100}{\text{gramos de muestra}} (V) \cdot N \text{ de Tiosulfato de sodio}$$

donde:

CD: Porcentaje de cloro disponible por peso, en %  
 V: Volumen de la solución para la titulación, en ml  
 N de tiosulfato de sodio: N de titulación del tiosulfato de sodio.

Para nuestro ensayo, en el cual se tiene  $V = 1$  l y 5 g de muestra

$$CD \text{ en } 5 \text{ g} = N \text{ de tiosulfato de sodio} \cdot 28,37$$

## 6.3 Ensayo para determinar el cloro disponible en el hipoclorito de sodio

### 6.3.1 Resumen del método

El cloro disponible que se encuentra en el hipoclorito de sodio, se determina con la adición de cristales de yoduro de potasio (libres de yodato), de ácido acético glacial y titulación con tiosulfato de sodio y solución indicadora de almidón.

### 6.3.2 Reactivos

- Yoduro de potasio en cristales (libre de yodato)
- Tiosulfato de sodio 0,1 N
- Ácido acético glacial
- Solución indicadora de almidón

### 6.3.3 Muestreo

Las soluciones de hipoclorito de sodio deben mezclarse completamente antes de suministrar las porciones para su análisis y estar en botellas de plástico o vidrio resistentes a la humedad que deben almacenarse en lugares oscuros, fríos y secos y mantenerse perfectamente sellados después de que se han suministrado las porciones.

La evaluación de las muestras en el laboratorio, debe hacerse inmediatamente después de la recepción del despacho.

Las muestras deberán almacenarse durante un mínimo de treinta (30) días a partir de la fecha de recepción del despacho, antes de proceder a eliminarlas.

### 6.3.4 Preparación de la muestra

Las soluciones de hipoclorito de sodio deben mezclarse completamente antes de suministrar las porciones para su análisis y se presentan en botellas de plástico o vidrio resistentes a la humedad.

### 6.3.5 Procedimiento

Se toman 20 ml de la muestra, se transfieren a un balón volumétrico de 1 l y se lleva a volumen con agua destilada.

Se toman 25 ml de la solución y se colocan en un Erlenmeyer de 250 ml, se adiciona 1 g de yoduro de potasio y se adicionan 4 g de ácido acético glacial. Se titula con solución 0,1 N de tiosulfato de sodio hasta que el color amarillo del yodo haya desaparecido prácticamente. Se adiciona cerca de 1 ml de solución de almidón y se continua la titulación hasta que el color azul desaparece totalmente.

### 6.3.6 Interpretación de resultados

El porcentaje de cloro disponible (CD) en peso, se determina con la formula presentada, y en base a los siguientes parámetros:

$$\text{CD en peso, en \%} = \frac{40 \cdot 50 \cdot 0,03545}{10} \cdot \text{N Tiosulfato de sodio (ml)} \cdot \text{Normalidad}$$

para el caso de la determinación del volumen en porcentaje por volumen, se tiene:

$$\text{CD en volumen, en \%} = \text{N Tiosulfato de sodio (ml)} \cdot \text{Normalidad} \cdot 7,092$$

donde:

|                        |                                             |
|------------------------|---------------------------------------------|
| CD:                    | % de cloro disponible, en peso o en volumen |
| Normalidad:            | Normalidad para la titulación               |
| N Tiosulfato de sodio: | N de titulación de tiosulfato de sodio.     |

## 6.4 Ensayo para determinar el álcali libre en el hipoclorito de sodio

### 6.4.1 Resumen del método

En la presente norma, se determina la cantidad de álcali libre que se encuentra en el hipoclorito de sodio.

### 6.4.2 Reactivos

- Ácido clorhídrico 0,1 N
- Peróxido de hidrogeno en solución, al 3 %
- Indicador naranja de metilo

### 6.4.3 Muestreo

Las soluciones de hipoclorito de sodio deben mezclarse completamente antes de suministrar las porciones para su análisis. Las botellas de plástico o vidrio resistentes a la humedad deben almacenarse en lugares oscuros, fríos y secos y mantenerse perfectamente sellados después de que se han suministrado las porciones.

La evaluación de las muestras en el laboratorio, debe hacerse inmediatamente después de la recepción del despacho.

Las muestras deben almacenarse durante un mínimo de treinta (30) días a partir de la fecha de recepción del despacho, antes de proceder a eliminarlas.

#### **6.4.4 Preparación de la muestra**

Las soluciones de hipoclorito de sodio deben mezclarse completamente antes de suministrar las porciones para su análisis y se presentan en botellas de plástico o vidrio resistentes a la humedad.

Para este ensayo la muestra de análisis debe tener 10 g de peso del hipoclorito de sodio.

#### **6.4.5 Procedimiento**

La muestra se pesa en un vaso de precipitados de 200 ml y se adiciona la solución de peróxido de hidrogeno hasta que cese la reacción. Se anota la cantidad de peróxido adicionada. Se deja en ebullición durante 2 min y luego se enfría.

Se titula con ácido clorhídrico 0,1 N usando naranja de metilo como indicador.

Para la preparación del blanco se mide la misma cantidad de peróxido de hidrógeno que se adicionó a la muestra, hasta que cese la reacción y se titula con ácido clorhídrico 0,1 N usando naranja de metilo como indicador.

Se sustrae esta cantidad de la obtenida en la titulación efectuada con ácido clorhídrico 0,1 N usando naranja de metilo como indicador.

#### **6.4.6 Interpretación de resultados**

El porcentaje de álcali libre (AL %), como NaOH, se determina con la siguiente formula:

$$AL \% = \frac{HCl \text{ netos} \cdot Normalidad \cdot 0,04 \cdot 100}{10 \text{ g (tamaño de la muestra)}} \cdot HCl \text{ ml neto con normalidad} \cdot 0,4$$

### **6.5 Ensayo para determinar la materia insoluble en el hipoclorito de sodio**

#### **6.5.1 Resumen del método**

En la presenta norma, se determinan la cantidad de materia insoluble que se presenta en el hipoclorito de sodio.

#### **6.5.2 Reactivos, aparatos e instrumentos**

- Agua destilada
- Vaso de precipitados de 400 ml
- Balanza con precisión de 0,1 g
- Crisol Gooch
- Estufa con capacidad de 250 °F y precisión de 1 °F

#### **6.5.3 Muestreo**

Las soluciones de hipoclorito de sodio deben mezclarse completamente antes de suministrar las porciones para su análisis, las soluciones deben presentarse en botellas de plástico o vidrio



resistentes a la humedad, las mismas que deben almacenarse en lugares oscuros, fríos y secos y mantenerse perfectamente selladas después de que han suministrado las porciones.

La evaluación de las muestras en el laboratorio, debe hacerse inmediatamente después de la recepción del despacho.

Las muestras deben almacenarse durante un mínimo de treinta (30) días a partir de la fecha de recepción del despacho, antes de proceder a eliminarlas.

#### **6.5.4 Preparación de la muestra**

Las soluciones de hipoclorito de sodio deben mezclarse completamente antes de suministrar las porciones para su análisis y se presentan en botellas de plástico o vidrio resistentes a la humedad.

Para este ensayo la muestra de análisis debe tener 100 ml del hipoclorito de sodio.

#### **6.5.5 Procedimiento**

Se vierten 100 ml de hipoclorito de sodio en un vaso de precipitados de 400 ml colocado en una balanza de laboratorio, con aproximación de 0,1 g. Se adicionan 100 ml de agua destilada y se mezcla completamente.

Se filtra a través de un Crisol Gooch previamente pesado (tarado).

Se lava el vaso de precipitados y las paredes del Crisol con agua destilada.

Se coloca en una estufa que registre entre 100 °C y 105 °C (212 °F y 221 °F) hasta obtener peso constante.

#### **6.5.6 Interpretación de resultados**

El porcentaje de materia insoluble (MI %), se determina con la siguiente formula:

$$\text{MI \%} = \frac{\text{gramos de residuo}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

#### **6.6 Repetición de pruebas**

Si el hipoclorito enviado no cumple con los requisitos de esta norma, el comprador debe enviar un informe de no conformidad al vendedor dentro de los diez (10) días hábiles después de recibido el despacho en el punto de destino.

El resultado de la prueba del comprador prevalecerá a menos que el vendedor notifique al comprador dentro de los cinco (5) días hábiles después de recibido el informe de no conformidad que se desea una nueva prueba.

Recibido el requerimiento para una reprueba el comprador enviará al vendedor una de las muestras selladas tomadas de acuerdo a 5.1.

En el caso de que los resultados obtenidos por el vendedor en reprueba no estén acordes con los resultados obtenidos por el comprador, la otra muestra sellada debe enviarse sin abrir a un laboratorio imparcial acordado por ambas partes para el análisis.

Los resultados del análisis de este laboratorio deben aceptarse como finales. El costo de los análisis de este laboratorio deberá ser pagado por el vendedor si el material no cumple lo establecido en la presente norma; o por el comprador si satisface lo establecido.

## **6.7 Rechazo**

Cualquier material ensayado, ya sea la cal clorada o el hipoclorito de calcio o el hipoclorito de sodio deben cumplir los criterios de esta norma y se rechazará el material siempre y cuando el material no cumpla con las especificaciones establecidas en esta norma y las adicionales que el comprador pueda establecer en la orden de compra, se debe notificar al vendedor inmediatamente se detecte este incumplimiento, pero en cualquier caso, dentro de los treinta (30) días siguientes a la recepción del material.

## **6.8 Retiro del material**

En este caso el vendedor debe retirar el producto no conforme de las bodegas del comprador y reemplazarlo por cantidad igual de producto que cumpla con las especificaciones pactadas y que se encuentre envasado en un contenedor adecuado.

Si existe una solución apropiada y segura para el problema, se puede acordar un ajuste de precio entre el comprador y el vendedor.

# **7 INSPECCIONES Y CERTIFICACIONES**

## **7.1 Declaración de conformidad**

El comprador puede solicitar un certificado de cumplimiento al fabricante o vendedor de que la cal clorada o el hipoclorito de calcio o hipoclorito de sodio suministrado bajo las ordenes de compra, cumple con todos los requisitos establecidos en esta norma.

# **8 EMPAQUE, ENVÍO, MANEJO Y ROTULADO**

## **8.1 Empaque y envío**

El empaque y el envío (despachos) de todos o de cualquiera de los materiales regulados por la presente norma deben estar conformes con las reglamentaciones vigentes.

### **8.1.1 Cal clorada**

Puede ser despachada en tambores metálicos con peso determinado.

Los recipientes deben estar bien sellados de tal forma que el material no sufra roturas, pero no necesita ser hermético, los compuestos sellantes no deberán usarse en las costuras del tambor metálico.

Se debe considerar que en tambores herméticos se puede desarrollar altas presiones que descomponen rápidamente la cal clorada.

### **8.1.2 Hipoclorito de calcio**

Puede despacharse en recipientes aprobados como resistentes a la corrosión o en tambores metálicos, los compuestos sellantes no deben usarse en las costuras de los tambores metálicos.

### **8.1.3 Hipoclorito de sodio**

Las soluciones de hipoclorito de sodio pueden despacharse en recipientes de vidrio, o plástico aprobados, tambores con recubrimiento de caucho o con otro recubrimiento apropiado, carro-tanques totalmente limpios con capacidad entre 11 300 l y 13 600 l.

### **8.2 Peso o volumen neto**

El peso neto o volumen neto del material empacado o envasado no podrá desviarse del peso o volumen registrado en más del 2,5 % en valor absoluto. A menos que se tome el peso o el volumen de material recibido, la aceptación o rechazo debe hacerse con base al 10 % como mínimo del peso o volumen del cargamento, seleccionado al azar.

### **8.3 Manejo**

Las etapas de la manipulación de las sustancias químicas desde su recepción hasta su aplicación, se encuentran determinadas en el capítulo 6 del reglamento técnico de diseño para plantas potabilizadoras de agua, de la NB 689.

### **8.4 Rotulado**

Los hipocloritos usados en la desinfección deben ser registrados, sellados y marcados como lo establece la legislación nacional vigente.

Los rótulos deben servir como un indicador de que el material es un agente oxidante fuerte y que en contacto con calor, ácidos, materiales orgánicos o combustibles puede generar fuego.

Los despachos deben identificarse con rótulos como se establece en la reglamentación nacional vigente.

Cada empaque deberá indicar en forma legible al menos lo siguiente:

- Ingrediente activo y su contenido,
- Peso neto del contenido,
- Nombre del productor o distribuidor,
- Número del lote,
- Marca de fábrica (en caso de que se requiera) y
- Otras indicaciones (según lo establezcan las leyes y reglamentaciones).

Se debe indicar además, el número del registro otorgado por la autoridad competente.

Para las tabletas de hipoclorito de calcio, cada rótulo debe mostrar, adicionalmente a la información indicada anteriormente, ya sea el peso de cada tableta o el peso unitario de cada unidad de empaque.

Como opción del fabricante, cada empaque llevará la inscripción:

“Garantizado por (nombre del fabricante) de acuerdo a los requerimientos de esta norma, para hipocloritos, (clase de hipoclorito contenido en el empaque)”.

## **9 BIBLIOGRAFÍA**

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - AWWA

ANSI/ AWWA B300 Standard for hypochlorites

## **IBNORCA: Instituto Boliviano de Normalización y Calidad**

IBNORCA creado por Decreto Supremo N° 23489 de fecha 1993-04-29 y ratificado como parte componente del Sistema Boliviano de la Calidad (SNMAC) por Decreto Supremo N°24498 de fecha 1997-02-17, es la Organización Nacional de Normalización responsable del estudio y la elaboración de Normas Bolivianas.

Representa a Bolivia ante los organismos Subregionales, Regionales e Internacionales de Normalización, siendo actualmente miembro activo del Comité Andino de Normalización CAN, de la Asociación MERCOSUR de Normalización AMN, miembro pleno de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas COPANT, miembro de la International Electrotechnical Commission IEC y miembro correspondiente de la International Organization for Standardization ISO.

### **Revisión**

Esta norma está sujeta a ser revisada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

### **Características de aplicación de Normas Bolivianas**

Como las normas técnicas se constituyen en instrumentos de ordenamiento tecnológico, orientadas a aplicar criterios de calidad, su utilización es un compromiso concienical y de responsabilidad del sector productivo y de exigencia del sector consumidor.

### **Información sobre Normas Técnicas**

IBNORCA, cuenta con un Centro de Información y Documentación que pone a disposición de los interesados Normas Internacionales, Regionales, Nacionales y de otros países.

### **Derecho de Propiedad**

IBNORCA tiene derecho de propiedad de todas sus publicaciones, en consecuencia la reproducción total o parcial de las Normas Bolivianas está completamente prohibida.

MINISTERIO DEL AGUA  
VICEMINISTERIO DE SERVICIOS BÁSICOS

## Productos químicos para uso industrial - Sulfato de aluminio

Primera revisión

ICS 71.060.10 Elementos químicos

Abril 2007



Ministerio del Agua  
Viceministerio de  
Servicios Básicos



## Prefacio

La revisión y actualización de la Norma Boliviana **NB 650-07 “Productos químicos para uso industrial - Sulfato de aluminio (Primera revisión)”**, ha sido encomendada al Comité Técnico de Normalización **CTN 7.3 “Productos químicos”**.

Las instituciones y representantes que participaron fueron los siguientes:

| <b>REPRESENTANTE</b> | <b>INSTITUCIÓN</b>    |
|----------------------|-----------------------|
| Reynaldo Villalba    | UNI/VSB (Coordinador) |
| Luís Víctor Rico     | ABIS                  |
| José Luís Castagné   | ABIS                  |
| Grover Rivera        | IIS-UMSA              |
| José Díaz            | IIS-UMSA              |
| Ronny Vega           | ANESAPA               |
| Leonardo Cuaquira    | CONSULTOR             |
| Fernando Inchauste   | CONSULTOR             |
| Humberto Obleas      | CONSULTOR             |
| Patricia Ancalle     | CONSULTOR             |
| Gonzalo Dalence E.   | IBNORCA               |

Fecha de aprobación por el Comité Técnico de Normalización 2007-02-12

Fecha de aprobación por el Consejo Rector de Normalización 2007-03-29

Fecha de aprobación por la Junta Directiva del IBNORCA 2007-04-13

## Informe

La actualización de esta Norma fue realizada por el Viceministerio de Servicios Básicos/ Ministerio del Agua, a la cabeza del Ing. Alcides Franco Torrico, Viceministro de Servicios Básicos, con financiamiento del Proyecto de Asistencia Técnica/ASDI y la supervisión de la Unidad de Normas e Institucionalidad del Viceministerio de Servicios Básicos.

Esta Norma ha sido elaborada en el marco de una consultoría y su revisión y aprobación fueron realizadas por el Comité Técnico de Normalización CTN 7.3.

Asimismo, la revisión de esta Norma se realizó en talleres técnicos regionales en las ciudades de Cochabamba, Santa Cruz y La Paz, con la participación y el aporte de los siguientes profesionales e instituciones:

### VALLE

|                  |                   |                   |                     |
|------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Severo Vega      | ABIS – Cochabamba | Edgar Armaza      | SEMAPA              |
| Jhony Pérez      | ABIS – Cochabamba | Carlos Peláez     | SEMAPA              |
| Marcelo Crespo   | ABIS – Cochabamba | Jorge Heredia     | SEMAPA              |
| Julio Fuentes    | ABIS – Cochabamba | Leonardo Salinas  | SEMAPA              |
| J. Carlos Guzmán | GM – Cochabamba   | Vanesa Selaya     | SEMAPA              |
| Cristian Cuellar | GM – Cochabamba   | Vladimir Valda    | ELAPAS – Sucre      |
| Franco Burgulla  | GM – Quillacollo  | Edgar A. Nava     | ELAPAS – Sucre      |
| Eduard Montalvo  | GM – Tapacarí     | Marcelo Encalada  | FUNDACION SODIS     |
| Jorge P. Vargas  | GM – Tapacarí     | Leonardo Anaya    | AGUILAR & ASOCIADOS |
| Julio Mercado    | GM – Colcapirhua  | Edwing Miranda    | FHI                 |
| Luis Coca        | FPS – Cochabamba  | Franklin Antezana | EMPROCIV SRL        |
| Jenny Rojas      | CASA – UMSS       | Oscar Zelada      | EMPRESIB            |
| Fernando Pérez   | AMDECO            | Wilfredo Veizaga  | MONTERREY SRL       |
| Ronald Baldellon | MACOTI            | José Veizaga      | MONTERREY SRL       |
| Mirtha Baptista  | CONSULTORA        | Marcelo Calizaya  | CONSULTOR           |

### TRÓPICO

|                    |                     |                    |                    |
|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Marco A. Gutiérrez | VSF – PROAT         | Rolando de Chazal  | SAGUAPAC           |
| Alexis Meruvia     | VSF – PROAT         | Milton Von Borries | SAGUAPAC           |
| Eduardo Ugarteche  | ABIS Santa Cruz     | Erwin Medrano      | SAGUAPAC           |
| Guido Casso        | SIB Santa Cruz      | Roberto Cruz       | ACSAACRUZ          |
| Mauricio Flores    | SIB Santa Cruz      | Eladio Arequino    | COOP. SAJUBA       |
| Luisa Dorado       | PREFECTURA SCZ      | Ciriaco Coro       | COOP. SAJUBA       |
| Saud Yuja Gomez    | GM Trinidad, Beni   | Teresa Romero      | COOP. SAJUBA       |
| Ramiro Plaza       | FPS Santa Cruz      | Luis Bravo         | COOP. EL CARMEN    |
| Eduardo Cuestas    | FPS Santa Cruz      | Ariel Méndez       | COOP. COSPOL       |
| Germán Palenque    | UAGRM               | David Saavedra     | COOP. COSPOL       |
| Efraín Capobianco  | UAGRM – SIMAC       | José A. Chacón     | COSIMBO LTDA       |
| Juan E. Ribera     | UAGRM – SIMAC       | Rubén Angulo       | RAS – AVALUOS      |
| Silvana Balcázar   | CADECO – Santa Cruz | Mario E. Sandy     | PLAN INTERNACIONAL |
| José L. Padilla    | CONSULTOR           |                    |                    |



**ALTIPLANO**

|                    |                |                     |                     |
|--------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| Marco A. Gutiérrez | VSB – PROAT    | Carlos España       | UMSA Postgrado      |
| Alexis Meruvia     | VSB – PROAT    | Ángel Aliaga        | UMSA – IIH          |
| Víctor Rico        | ABIS – La Paz  | Gualberto Gutiérrez | UTO                 |
| Jose L. Castagné   | ABIS – La Paz  | Armando Garnica     | UTO                 |
| Orlando Camacho    | ABIS – La Paz  | Amilkar Ilaya       | UTO                 |
| Oswaldo Sánchez    | ABIS – La Paz  | Lina Fernández      | UTO                 |
| Iván Bolívar       | PREFECTURA LP  | José Huanca         | CARITAS             |
| Marcial Medina     | PREFECTURA LP  | Adolfo Gallardo     | ISERV ARQUITECTURA  |
| Edson Aranibar     | PREFECTURA LP  | Israel Antequera    | GREGORY MORRIS      |
| Carlos R. Morales  | PREFECTURA PT  | Daly Salatierra     | AGUILAR & ASOCIADOS |
| Marco A. Gómez     | PREFECTURA PT  | Marvin Botello      | PLAMAT S.A.         |
| Ronald Beltrán     | GM – La Paz    | Gonzalo Vargas      | PLASMAR S.A.        |
| Carlos García      | GM – La Paz    | Oscar Quiroga       | PLASMAR S.A.        |
| Ramiro Encinas     | FPS – Nacional | Marcelo Barrero     | SUMINDUS            |
| Eufracio Choque    | FPS – La Paz   | Alfonso Pomarino    | CONSULTOR           |
| Alexandra Sandi    | FPS – La Paz   | Francisco Alvizuri  | CONSULTOR           |
| Ingrid Vásquez     | FNDR           | Juan C. Fernández   | CONSULTOR           |
| Hugo Jiménez       | SISAB          | Humberto Cordero    | CONSULTOR           |
| Roger Yugar        | PROAGUAS       | Leonardo Cuaquira   | CONSULTOR           |
| Juan Correa        | AAPOS – Potosí |                     |                     |

**ELABORACIÓN:**

|                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| Fernando Inchauste Morales | Consultor principal |
| Humberto Obleas Arandia    | Consultor           |
| Patricia Ancalle Mamani    | Consultora          |

**FINANCIADOR:**

Agencia Sueca de Cooperación para el  
para el Desarrollo Internacional (Asdi)

# ÍNDICE

Página

|          |                                                                      |            |
|----------|----------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>0</b> | <b>INTRODUCCIÓN.....</b>                                             | <b>241</b> |
| 0.1      | Sistema de unidades .....                                            | 241        |
| 0.2      | Compuestos químicos .....                                            | 241        |
| 0.3      | Variables .....                                                      | 241        |
| 0.4      | Abreviaturas.....                                                    | 242        |
| <b>1</b> | <b>OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN .....</b>                            | <b>242</b> |
| <b>2</b> | <b>REFERENCIAS .....</b>                                             | <b>242</b> |
| <b>3</b> | <b>DEFINICIONES .....</b>                                            | <b>242</b> |
| 3.1      | Alumbre ácido .....                                                  | 242        |
| 3.2      | Alumbre básico .....                                                 | 242        |
| 3.3      | Comprador.....                                                       | 242        |
| 3.4      | Fabricante.....                                                      | 243        |
| 3.5      | Quelatos .....                                                       | 243        |
| 3.6      | Sulfato de aluminio .....                                            | 243        |
| 3.7      | Sulfato de aluminio purificado .....                                 | 243        |
| 3.8      | Vendedor .....                                                       | 243        |
| <b>4</b> | <b>CLASIFICACIÓN.....</b>                                            | <b>243</b> |
| <b>5</b> | <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....</b>                               | <b>243</b> |
| 5.1      | Descripción .....                                                    | 243        |
| 5.2      | Requisitos .....                                                     | 243        |
| 5.2.1    | Requisitos físicos.....                                              | 244        |
| 5.2.1.1  | Sulfato de aluminio en forma de terrón.....                          | 244        |
| 5.2.1.2  | Sulfato de aluminio en forma de grano.....                           | 244        |
| 5.2.1.3  | Claridad de sulfato de aluminio .....                                | 244        |
| 5.2.2    | Requisitos químicos.....                                             | 244        |
| 5.2.2.1  | Contenido del aluminio .....                                         | 244        |
| 5.2.2.2  | Alumbre básico y ácido.....                                          | 244        |
| 5.2.2.3  | Materia insoluble en agua.....                                       | 244        |
| 5.3      | Impurezas .....                                                      | 244        |
| 5.3.1    | Impurezas generales .....                                            | 244        |
| 5.3.2    | Límites de impureza específicas .....                                | 244        |
| <b>6</b> | <b>MÉTODOS DE ENSAYO.....</b>                                        | <b>245</b> |
| 6.1      | Muestreo general y tipos de ensayo.....                              | 245        |
| 6.1.1    | Muestreo General .....                                               | 245        |
| 6.1.1.1  | Sitio de muestreo .....                                              | 245        |
| 6.1.1.2  | Muestreo del sulfato de aluminio en terrón o en grano .....          | 245        |
| 6.1.1.3  | Alúmina líquida .....                                                | 246        |
| 6.1.2    | Preparación de la muestra.....                                       | 246        |
| 6.1.2.1  | Cuarteo .....                                                        | 246        |
| 6.1.2.2  | Periodo de análisis de las muestras .....                            | 246        |
| 6.1.2.3  | Seguridad .....                                                      | 246        |
| 6.1.3    | Tipos de ensayos.....                                                | 246        |
| 6.2      | Ensayo para la determinación del contenido de materia insoluble..... | 247        |

|         |                                                                                                                                      |     |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.2.1   | Resumen del método.....                                                                                                              | 247 |
| 6.2.2   | Aparatos y material.....                                                                                                             | 247 |
| 6.2.2.1 | Aparatos, instrumentos.....                                                                                                          | 247 |
| 6.2.2.2 | Material.....                                                                                                                        | 247 |
| 6.2.3   | Muestreo.....                                                                                                                        | 247 |
| 6.2.4   | Preparación de la muestra.....                                                                                                       | 247 |
| 6.2.5   | Procedimiento.....                                                                                                                   | 247 |
| 6.2.5.1 | Procesos previos.....                                                                                                                | 247 |
| 6.2.5.2 | Disolución.....                                                                                                                      | 247 |
| 6.2.5.3 | Filtrado.....                                                                                                                        | 247 |
| 6.2.5.4 | Residuo.....                                                                                                                         | 248 |
| 6.2.6   | Interpretación de resultados.....                                                                                                    | 248 |
| 6.3     | Ensayo para la determinación del contenido de alúmina<br>total soluble y de aluminio.....                                            | 248 |
| 6.3.1   | Resumen del método.....                                                                                                              | 248 |
| 6.3.1.1 | Aplicación.....                                                                                                                      | 248 |
| 6.3.1.2 | Principio.....                                                                                                                       | 248 |
| 6.3.1.3 | Interferencia.....                                                                                                                   | 248 |
| 6.3.2   | Aparatos, instrumentos y reactivos.....                                                                                              | 248 |
| 6.3.2.1 | Aparatos, instrumentos.....                                                                                                          | 248 |
| 6.3.2.2 | Reactivos.....                                                                                                                       | 249 |
| 6.3.3   | Muestreo.....                                                                                                                        | 250 |
| 6.3.4   | Preparación de la muestra.....                                                                                                       | 250 |
| 6.3.4.1 | Preparación de la muestra estándar para el sulfato de aluminio<br>líquido y para el sulfato de aluminio líquido libre de hierro..... | 250 |
| 6.3.4.2 | Preparación de la muestra para los otros productos<br>del sulfato de aluminio.....                                                   | 250 |
| 6.3.5   | Procedimiento.....                                                                                                                   | 251 |
| 6.3.6   | Interpretación de resultados.....                                                                                                    | 251 |
| 6.3.6.1 | Cálculos.....                                                                                                                        | 251 |
| 6.3.6.2 | Notas.....                                                                                                                           | 252 |
| 6.4     | Ensayo para la determinación del contenido de hierro<br>total soluble en agua.....                                                   | 252 |
| 6.4.1   | Resumen del método.....                                                                                                              | 252 |
| 6.4.2   | Aparatos y reactivos.....                                                                                                            | 252 |
| 6.4.2.1 | Aparatos.....                                                                                                                        | 252 |
| 6.4.2.2 | Reactivos.....                                                                                                                       | 252 |
| 6.4.3   | Muestreo.....                                                                                                                        | 253 |
| 6.4.4   | Preparación de la muestra.....                                                                                                       | 253 |
| 6.4.5   | Procedimiento.....                                                                                                                   | 253 |
| 6.4.6   | Interpretación de resultados.....                                                                                                    | 254 |
| 6.4.6.1 | Cálculos.....                                                                                                                        | 254 |
| 6.4.6.2 | Ion férrico.....                                                                                                                     | 254 |
| 6.4.6.3 | Hierro ferroso.....                                                                                                                  | 254 |
| 6.5     | Ensayo para determinar la basicidad y/o ácido libre.....                                                                             | 255 |
| 6.5.1   | Resumen del método.....                                                                                                              | 255 |
| 6.5.2   | Reactivos.....                                                                                                                       | 255 |
| 6.5.2.1 | Solución alcohólica al 0,1 % de fenolftaleína.....                                                                                   | 255 |
| 6.5.2.2 | Solución de fluoruro de potasio.....                                                                                                 | 255 |
| 6.5.2.3 | Soluciones 0,5 N de ácido sulfúrico y 0,5 N de hidróxido de sodio.....                                                               | 255 |
| 6.5.3   | Muestreo.....                                                                                                                        | 255 |
| 6.5.4   | Preparación de la muestra.....                                                                                                       | 255 |

|                                                                       |                                                                                |            |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.5.5                                                                 | Procedimiento .....                                                            | 255        |
| 6.5.6                                                                 | Interpretación de resultados .....                                             | 256        |
| 6.5.6.1                                                               | Cálculos .....                                                                 | 256        |
| 6.5.6.2                                                               | Interpretación de resultados .....                                             | 256        |
| 6.6                                                                   | Ensayo alternativo para determinar alúmina total .....                         | 256        |
| 6.6.1                                                                 | Resumen del método.....                                                        | 256        |
| 6.6.2                                                                 | Reactivos y aparatos .....                                                     | 256        |
| 6.6.2.1                                                               | Reactivos .....                                                                | 256        |
| 6.6.2.2                                                               | Aparatos .....                                                                 | 257        |
| 6.6.3                                                                 | Muestreo.....                                                                  | 257        |
| 6.6.4                                                                 | Preparación de la muestra.....                                                 | 257        |
| 6.6.5                                                                 | Procedimiento .....                                                            | 257        |
| 6.6.5.1                                                               | Preparaciones adicionales.....                                                 | 257        |
| 6.6.5.2                                                               | Optimización de parámetros .....                                               | 258        |
| 6.6.5.3                                                               | Medición de absorbancia .....                                                  | 258        |
| 6.6.5.4                                                               | Curva de calibración .....                                                     | 258        |
| 6.6.6                                                                 | Interpretación de resultados .....                                             | 258        |
| 6.6.6.1                                                               | Cálculos .....                                                                 | 258        |
| 6.6.6.2                                                               | Registro de datos.....                                                         | 258        |
| 6.7                                                                   | Repetición de pruebas.....                                                     | 258        |
| 6.8                                                                   | Rechazo.....                                                                   | 259        |
| 6.9                                                                   | Retiro de material .....                                                       | 259        |
| <b>7</b>                                                              | <b>INSPECCIONES Y CERTIFICACIONES .....</b>                                    | <b>259</b> |
| 7.1                                                                   | Certificado de cumplimiento .....                                              | 259        |
| 7.2                                                                   | Certificación del peso .....                                                   | 259        |
| <b>8</b>                                                              | <b>EMPAQUE, ENVÍO, MANEJO Y ROTULADO.....</b>                                  | <b>259</b> |
| 8.1                                                                   | Empaque y envío.....                                                           | 259        |
| 8.1.1                                                                 | Sulfato de aluminio en forma de terrón y/o en grano.....                       | 260        |
| 8.1.2                                                                 | Sulfato de aluminio en forma líquida .....                                     | 260        |
| 8.2                                                                   | Contaminación.....                                                             | 260        |
| 8.3                                                                   | Manejo .....                                                                   | 260        |
| 8.4                                                                   | Rotulado .....                                                                 | 260        |
| <b>9</b>                                                              | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                                                       | <b>261</b> |
| <b>Anexo A (Informativo) Coagulación - Principales productos.....</b> |                                                                                | <b>263</b> |
| A.1                                                                   | COAGULACIÓN .....                                                              | 263        |
| A.2                                                                   | PRINCIPALES PRODUCTOS COAGULANTES, REACCIONES QUÍMICAS EN LA COAGULACIÓN ..... | 263        |
| A.3                                                                   | FABRICACIÓN INDUSTRIAL DEL SULFATO DE ALÚMINA.....                             | 266        |



**Productos químicos para uso industrial - Sulfato de aluminio****0 INTRODUCCIÓN****0.1 Sistema de unidades**

|                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| %               | Porcentaje        |
| °C              | Grado centígrado  |
| cm              | Centímetro        |
| cm <sup>3</sup> | Centímetro cúbico |
| g               | Gramo             |
| kg              | Kilogramo         |
| l               | Litro             |
| m               | Metro             |
| ml              | Mililitro         |
| plg             | Pulgada           |
| s               | Segundo           |

**0.2 Compuestos químicos**

|                                |                                              |              |
|--------------------------------|----------------------------------------------|--------------|
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Ácido sulfúrico                              | adimensional |
| Al                             | Aluminio                                     | adimensional |
| ZnSO <sub>4</sub>              | Sulfato de zinc                              | adimensional |
| AA                             | Porcentaje de Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | %            |
| KCNS                           | Tiocianato de potasio                        | adimensional |
| NaOH                           | Hidróxido de sodio                           | adimensional |
| KMnO <sub>4</sub>              | Permanganato de potasio                      | adimensional |
| Fe                             | Hierro                                       | adimensional |
| CO <sub>2</sub>                | Bióxido de carbono                           | adimensional |
| KCl                            | Cloruro de potasio                           | adimensional |
| HNO <sub>3</sub>               | Ácido nítrico                                | adimensional |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Óxido de aluminio                            | adimensional |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Óxido de hierro                              | adimensional |
| N <sub>2</sub> O               | Óxido nitroso (óxido dinitrogeno)            | adimensional |

**0.3 Variables**

|           |                                                                       |              |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------|--------------|
| A         | Peso de la muestra (6.3.4.2)                                          | g            |
| Av        | Volumen de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (6.5.6.1)                   | ml           |
| AA        | Porcentaje de Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> y de Fe total            | %            |
| Aci       | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> libre                                  | %            |
| AB        | Porcentaje de Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> libre en la muestra      | %            |
| B         | Volumen total de la solución en ensayo, dividida por la porción usada | adimensional |
| Bv        | Volumen de NaOH (6.5.6.1)                                             | ml           |
| Bas       | Aluminio libre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (6.5.6.1)               | %            |
| C         | Factor de conversión de Fe a Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (6.4.6.1) | adimensional |
| Con de Al | Concentración de aluminio en la muestra                               | mg/l         |
| D         | Factor de conversión (6.4.6.1)                                        | mg           |

|    |                              |              |
|----|------------------------------|--------------|
| Df | Factor de dilución (6.6.6.1) | adimensional |
| F  | Factor de relación           | adimensional |
| M  | Molaridad                    |              |
| MM | Miligramos de Fe (6.4.6.1)   | mg           |
| MI | Materia insoluble            | %            |
| N  | Normalidad                   |              |
| W  | Peso de la muestra (6.4.6.1) | g            |

#### 0.4 Abreviaturas

|      |                                           |
|------|-------------------------------------------|
| ANSI | American National Standards Institute     |
| AWWA | American Water Works Association Estándar |
| ASTM | American Society for Testing Material     |
| AAS  | Espectrofotómetro de absorción atómica    |
| EDTA | Ácido etilen diamino tetracético          |

### 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma se aplica al sulfato de aluminio y establece las especificaciones que debe cumplir en estado líquido o en forma de terrón o en grano, el cual es usado en el tratamiento de aguas municipales o industriales.

Esta norma establece también especificaciones de sus requisitos físicos, químicos, impurezas; los métodos de ensayo y su forma de empaque, envío, manejo y rotulado.

Para la transferencia de iones y favorecer la formación de flóculos, se tienen una serie de coagulantes para el tratamiento de aguas, uno de los más importantes es el sulfato de aluminio, pero existen otros materiales que se establecen en la tabla 10.25 de NB 689.

### 2 REFERENCIAS

Las normas de referencia que se presentan en esta norma, contiene disposiciones y requisitos que son parte de esta norma y se consideran valederas para la presente norma. En caso de conflicto prevalecerá lo establecido en esta norma.

NB 689 Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua potable

### 3 DEFINICIONES

Para el propósito de esta norma se aplican las siguientes definiciones:

#### 3.1 Alumbre ácido

El alumbre ácido contiene ácido sulfúrico, el cual no se ha combinado con sulfato de aluminio (expresado como " $\text{H}_2\text{SO}_4$  libre").

#### 3.2 Alumbre básico

El alumbre básico contiene aluminio soluble en agua, que no se ha combinado como sulfato de aluminio (expresado como " $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre").

#### 3.3 Comprador

La persona, compañía u organización que adquiere cualquier material o trabajo para ser posteriormente utilizado.

### **3.4 Fabricante**

Es la parte que manufactura, fabrica, o produce materiales o productos.

### **3.5 Quelatos**

Formación de anillos que incluyen al centro metálico en compuestos de coordinación.

### **3.6 Sulfato de aluminio**

Es el producto obtenido por la reacción entre el ácido sulfúrico y un mineral rico en aluminio como la bauxita.

### **3.7 Sulfato de aluminio purificado**

Es el producto que en forma de terrón o grano cumple con los requisitos de esta norma y contiene máximo 0,5 % de materia insoluble en agua.

### **3.8 Vendedor**

La parte que suministra materiales o servicios. Un vendedor puede ser o no ser el fabricante.

## **4 CLASIFICACIÓN**

El sulfato de aluminio se clasifica por su forma de presentación en:

- Sulfato de aluminio seco y,
- Sulfato de aluminio líquido

Asimismo, el sulfato de aluminio seco, se puede presentar en forma de terrones y en forma de granos.

## **5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

### **5.1 Descripción**

El sulfato de aluminio es el producto de la reacción entre el ácido sulfúrico y un mineral rico en aluminio como la bauxita, que para su utilización en el tratamiento de aguas, debe cumplir una serie de requisitos físicos y químicos.

### **5.2 Requisitos**

El sulfato de aluminio en estado sólido debe estar seco, limpio y se presentará en forma de terrón o en grano.

El producto en estado líquido es una solución prácticamente saturada de sulfato de aluminio.

La gravedad específica de la solución de sulfato de aluminio debe determinarse utilizando un hidrómetro de precisión adecuado, también puede utilizarse una balanza para gravedad específica o un picnómetro. El fabricante de la solución de sulfato de aluminio está en la obligación de suministrar información acerca del contenido de aluminio expresado como



$\text{Al}_2\text{O}_3$ . Para soluciones de diferentes lecturas de gravedad específica esta medición debe efectuarse cuando el producto esté a temperatura ambiente.

### **5.2.1 Requisitos físicos**

#### **5.2.1.1 Sulfato de aluminio en forma de terrón**

Tendrá un tamaño de partícula tal que el 100 % pase a través de un tamiz de 7,62 cm (3 plg) y que al menos el 75 % quede retenido en el tamiz de 1,27 cm (1/2 plg) (véase ASTM E 11).

#### **5.2.1.2 Sulfato de aluminio en forma de grano**

Este sulfato de aluminio tendrá un tamaño de partícula tal que el 90 % pase a través del tamiz N° 10 y que el 100 % pase a través del tamiz N° 4 (véase ASTM E 11).

#### **5.2.1.3 Claridad de sulfato de aluminio**

El sulfato de aluminio, tendrá una turbiedad que permita efectuar lecturas de medidas de flujo sin dificultad.

### **5.2.2 Requisitos químicos**

#### **5.2.2.1 Contenido del aluminio**

- a) El sulfato de aluminio en terrón o en grano, purificado, tendrá un contenido de alúmina soluble en agua mínimo del 9,0 % como Al o del 17,0 % como  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .
- b) El alumbre líquido tendrá como mínimo 4,23 % de aluminio soluble en agua como Al, u 8,0 % como  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

#### **5.2.2.2 Alumbre básico y ácido**

El rango de basicidad o acidez del alumbre será acordado entre comprador y vendedor.

#### **5.2.2.3 Materia insoluble en agua**

- a) El sulfato de aluminio purificado es el material que se presenta en forma de terrón o en grano y que contiene como máximo 0,5 % de materia insoluble en agua.
- b) El alumbre líquido tendrá máximo 0,2 % de materia insoluble en agua.

### **5.3 Impurezas**

#### **5.3.1 Impurezas generales**

El sulfato de aluminio suministrado de acuerdo con las especificaciones de esta norma, puede contener materiales no solubles ó sustancias orgánicas en cantidades que no produzcan deterioro y efectos en la salud del consumidor del agua que va a tratarse con el sulfato de aluminio.

#### **5.3.2 Límites de impureza específicas**

El hierro soluble en agua (expresado como  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) contenido en el sulfato de aluminio debe ser máximo del:

- 0,75 %, en una base de 17 % de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (9 % de Al), en el sulfato de aluminio seco, ó
- 0,35 %, en una base de 8 % de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (4,23 % de Al), en el sulfato de aluminio líquido.

## **6 MÉTODOS DE ENSAYO**

### **6.1 Muestreo general y tipos de ensayo**

#### **6.1.1 Muestreo General**

El muestreo general se desarrollará de acuerdo con lo establecido a continuación.

##### **6.1.1.1 Sitio de muestreo**

Las muestras de sulfato de aluminio deben ser tomadas en el punto de destino.

##### **6.1.1.2 Muestreo del sulfato de aluminio en terrón o en grano**

Si el producto es manejado en transportador o elevador, puede convenirse un muestreo mecánico.

Si el producto está empacado, debe muestrearse el 5 % de los empaques que estén en perfectas condiciones.

Para muestrear el producto que está en forma de grano a granel se seleccionarán puntos de muestreo uniformemente repartidos en la superficie del material, cuando sea posible, se seleccionarán mínimo 10 (diez) puntos para tomar la muestra, los cuales deben estar separados entre si regularmente. En cada punto debe tomarse como mínimo 3,2 kg.

La muestra debe tomarse cuidadosamente para que sea representativa e incluya cantidades proporcionales de terrón y material en grano.

Para el sulfato de aluminio sólido a granel en vagones o en empaques, se extraerá la muestra usando un tubo muestreador u otro dispositivo que tenga como mínimo 2 cm (3/4 plg) de diámetro.

El material grueso que debe pesar al menos 23 kg debe ser triturado si es necesario, mezclado completamente y dividido en tres porciones de 0,5 kg. Estas muestras deben guardarse en recipientes de vidrio, sellarse herméticamente y protegerlas de la humedad.

Las muestras de 0,5 kg de sulfato de aluminio en grano, destinado a laboratorio debe ser cuarteado en porciones de 100 g, cantidad que se debe moler, ya sea mecánicamente o manualmente en un mortero, hasta un tamaño tal que pase totalmente por un tamiz N° 30 (véase ASTM E11).

Después de ser completamente mezclada, la muestra se coloca en un recipiente hermético. Las muestras de sulfato de aluminio en terrón se dividen de la misma manera, excepto que las muestras no necesitan ser pulverizadas. La cantidad de sustancias debe ser pesada rápidamente para evitar cambios en el contenido de la humedad.

Cada muestra debe rotularse para identificarla y debe aparecer en el rótulo la firma de quien efectuó el muestreo. Las muestras se acompañan de un formulario de control que debe ser llenado por la persona encargada de tomar las muestras.

### **6.1.1.3 Alúmina líquida**

Se toman porciones iguales cinco (5) veces a intervalos regulares de tiempo durante la descarga del carro-tanque o vehículo que transporta el producto. La cantidad de muestra total en este procedimiento será de 2 l.

La muestra total de 2 l debe mezclarse completamente y dividirse en tres porciones de 0,5 l, las cuales se conservarán en un recipiente de vidrio sellado herméticamente.

Cada muestra debe rotularse para identificarla y debe aparecer en el rótulo la firma de quien efectuó el muestreo. Las muestras se acompañan de un formulario de control que debe ser llenado por la persona encargada de tomar las muestras.

## **6.1.2 Preparación de la muestra**

### **6.1.2.1 Cuarteo**

De la muestra de 0,5 kg (aproximadamente 1 lb) de sulfato de aluminio en grano, se trituran 100 g por medios mecánicos o en un mortero manualmente de tal manera que toda la muestra pase a través del tamiz N° 30. Se mezcla y se almacena en un recipiente de vidrio hermético.

La muestra de sulfato de aluminio en terrón se prepara siguiendo el mismo procedimiento indicado para el sulfato de aluminio en grano excepto que la muestra no necesita pulverización.

La cantidad de muestra necesaria para efectuar los ensayos se tomará rápidamente del recipiente de vidrio para evitar que cambie el contenido de humedad.

### **6.1.2.2 Periodo de análisis de las muestras**

El examen de laboratorio realizado por el comprador a una de las tres muestras se hará dentro de los 5 días hábiles siguientes a la recepción del cargamento.

### **6.1.2.3 Seguridad**

Cualquier persona que intervenga en cualquiera de las etapas determinadas en la presente norma, que no tenga cabal conocimiento con el cuidado que se debe tener con cualquiera de los reactivos usados, debe consultar la hoja de datos de higiene y seguridad del fabricante para el producto u otro material de referencia.

## **6.1.3 Tipos de ensayos**

De acuerdo a lo establecido en la presente norma, se establecen (5) cinco tipos de ensayo, a saber:

- Ensayo para la determinación del contenido de materia insoluble, véase 6.2.
- Ensayo para la determinación del contenido de alúmina total soluble y de aluminio, véase 6.3.
- Ensayo para la determinación del contenido de hierro total soluble en agua, véase 6.4.
- Ensayo para la determinación de la basicidad y/o ácido libre, véase 6.5.
- Ensayo alternativo para determinar alúmina total, véase 6.6.

## **6.2 Ensayo para la determinación del contenido de materia insoluble**

### **6.2.1 Resumen del método**

Este método tiene el propósito de determinar el material insoluble en el sulfato de aluminio, mediante su disolución en agua destilada, para que después de un proceso de agitación, se filtre y se determine el porcentaje de materia insoluble en agua por peso.

### **6.2.2 Aparatos y material**

#### **6.2.2.1 Aparatos, instrumentos**

- Filtro de fibra de vidrio Wathamn GFA o equivalente.
- Crisol Gooch.
- Desecador.
- Balanza para secado con capacidad de hasta 150 °C, con indicador de temperatura con precisión de 1 °C.

#### **6.2.2.2 Material**

- Agua destilada.
- Solución al 5 % de cloruro de bario.

### **6.2.3 Muestreo**

El muestreo se realiza de acuerdo a lo establecido en 6.1.1, para el material en seco (véase 6.1.1.2) y para el material líquido (véase 6.1.1.3).

### **6.2.4 Preparación de la muestra**

La muestra a ensayar se prepara según lo establecido en 6.1.2.1, de la cual se toma:

- Para material en seco, una muestra de 20 g de sulfato de aluminio.
- Para material líquido, una muestra de 40 ml de sulfato de aluminio.

### **6.2.5 Procedimiento**

#### **6.2.5.1 Procesos previos**

Se coloca el filtro de fibra de vidrio Wathamn GFA o su equivalente dentro del Crisol Gooch, se deja secar entre 105 °C y 110 °C y se transfiere a un desecador, se deja enfriar y se pesa con aproximación al 0,001 g.

#### **6.2.5.2 Disolución**

Se pesan 20 g de sulfato de aluminio seco o 40 ml de sulfato de aluminio líquido con aproximación a 0,01 g, se disuelve el sulfato de aluminio seco en 150 ml de agua destilada caliente y se agita durante unos pocos minutos. En la misma forma se diluye el sulfato de aluminio en 150 ml de agua destilada caliente y se agita.

#### **6.2.5.3 Filtrado**

Se filtra la preparación en el Crisol Gooch, preparado según lo determina 6.2.5.1.

#### 6.2.5.4 Residuo

Se lava el residuo con agua destilada caliente hasta que el filtrado esté libre de sulfatos (esto se evidencia cuando la solución no se precipita después de añadir una solución al 5 % de cloruro de bario).

El residuo se seca en horno a una temperatura que varíe entre 105 °C y 110 °C, se lleva a peso constante y se pesa con aproximación al 0,001 g.

#### 6.2.6 Interpretación de resultados

Se calcula el porcentaje de materia insoluble en agua, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$MI = \frac{\text{peso de residuo insoluble}}{\text{peso de la muestra}} \cdot 100$$

donde:

MI: Materia insoluble en agua, en %

### 6.3 Ensayo para la determinación del contenido de alúmina total soluble y de aluminio

#### 6.3.1 Resumen del método

##### 6.3.1.1 Aplicación

Este método es aplicable en presencia de cantidades regulares de hierro libre en sulfato de aluminio en estado líquido o sólido. Provee especificaciones para alúminas líquidas ácidas y altamente básicas.

La aplicación está restringida al sulfato de aluminio, cuyo porcentaje de ácido sulfúrico libre con relación al porcentaje de  $Al_2O_3$  no excede en 0,85 %.

##### 6.3.1.2 Principio

El aluminio en la muestra es acomplejado con un exceso de solución estándar de EDTA en ebullición en presencia de una solución reguladora de acetato de amonio. Se usa el naranja de xilenol como indicador.

##### 6.3.1.3 Interferencia

El hierro, si está presente, es titulado también; por ello debe hacerse una corrección.

#### 6.3.2 Aparatos, instrumentos y reactivos

##### 6.3.2.1 Aparatos, instrumentos

- Balanza analítica, con resolución de 0,0001 g
- Balanza con resolución de 0,1 g
- Vasos de precipitados de 1.500 ml, 400 ml, 250 ml, 150 ml, 100 ml
- Probetas graduadas de 500 ml, 100 ml, 50 ml y 25 ml
- Goteros o pipetas de polietileno de 125 ml y de 60 ml

- Frascos de polietileno de 1 l
- Buretas clase A de 25 ml y 10 ml
- Erlenmeyer de 500 ml y 250 ml
- Matraces de 1 l y 500 ml
- Pipetas volumétricas de transferencia clase A, de 50 ml.
- Jeringa desechable sin aguja de 1 ml, se usa una para cada una de las muestras que van a ensayarse.
- Perlas de ebullición, agitador y pinzas

### **6.3.2.2 Reactivos**

#### **a) Agua**

El agua usada para la preparación de los reactivos y en el proceso del ensayo debe ser destilada y desionizada.

#### **b) Solución reguladora de acetato de amonio**

Se disuelve 500 g de acetato de amonio en 500 ml de agua y se colocan en un vaso de precipitados de 1 500 ml. Se adiciona 20 ml de ácido acético glacial.

#### **c) Solución de EDTA 0,05M**

La solución se prepara y se estandariza de acuerdo con lo indicado en la ASTM E200.

#### **d) Solución de ácido sulfúrico 1:1**

A 25 ml de agua se adicionan cuidadosamente y agitando 25 ml de ácido sulfúrico, se deja enfriar, se almacena en un frasco de polietileno o vidrio con gotero.

#### **e) Solución indicadora de naranja de xilenol, al 0,1 %**

Se prepara disolviendo 0,1 g de sal tetrasódica de naranja de xilenol en 100 ml de agua. Se almacena en una botella con gotero, la vida útil de esta solución es de aproximadamente 6 meses.

#### **f) Solución estándar 0,05M de sulfato de zinc**

Se prepara disolviendo 15 g de sulfato de zinc heptahidratado con agua, transfiriéndolo a un matraz aforado de 1 000 ml de capacidad.

Esta solución se diluye hasta la marca con agua. Se estandariza la solución de zinc de la siguiente manera:

Se toman con la pipeta 25 ml de la solución estándar 0,05 M de EDTA y se colocan dentro del Erlenmeyer de 250 ml de capacidad. Se adicionan 50 ml de agua y entre 24 ml a 25 ml de solución reguladora de acetato de amonio, y 3 gotas ó 4 gotas de la solución indicadora de naranja de xilenol.

El EDTA titula con la solución de sulfato de zinc desde una bureta de 25 ml hasta que el color cambie de amarillo a rojo violeta.

El factor F se calcula de la siguiente manera:

$$F = \frac{\text{EDTA usados, en ml}}{\text{ZnSO}_4 \text{ usados, en ml}}$$

### 6.3.3 Muestreo

El muestreo se realiza de acuerdo a lo establecido en 6.1.1.

### 6.3.4 Preparación de la muestra

Para la preparación de las muestras se tienen dos procedimientos:

- muestra estándar para el sulfato de aluminio líquido y para el sulfato de aluminio líquido libre de hierro, y
- para los otros productos del sulfato de aluminio

#### 6.3.4.1 Preparación de la muestra estándar para el sulfato de aluminio líquido y para el sulfato de aluminio líquido libre de hierro

- a) En un Erlenmeyer de 500 ml o en un vaso de precipitados de 400 ml se adicionan 50 ml de agua.
- b) Con la jeringa de 1 ml se toma una cantidad de muestra hasta la marca de la jeringa, se seca la jeringa y se pesa con aproximación al 0,1 mg.
- c) Se transfiere la muestra a un vaso de precipitados y se pesa nuevamente la jeringa con aproximación al 0,1 mg y se obtiene el peso de la muestra por diferencia.
- d) Se adicionan 2 gotas de la solución 1:1 de ácido sulfúrico y se mezcla.
- e) Se continúa con el procedimiento (véase 6.3.5).

#### 6.3.4.2 Preparación de la muestra para los otros productos del sulfato de aluminio

- a) Se calcula el tamaño de la muestra con la siguiente fórmula:

$$\text{gramos de muestra} = \frac{115}{\text{porcentaje total de Al}_2\text{O}_3 \text{ esperado}}$$

Se toma una muestra de este tamaño con una precisión de  $\pm 0,1$  g y se pesa con una precisión de  $\pm 0,001$  g. Se transfiere cuantitativamente a los vasos de precipitados de 400 ml y se diluye con 300 ml con agua.

- b) Se adiciona la solución de ácido sulfúrico en la cantidad especificada, de la siguiente manera:
  - Para productos de sulfato de aluminio que contienen no más de unas pocas décimas de porcentaje de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre o de ácido sulfúrico libre se adicionan entre 18 gotas y 20 gotas de la solución de ácido sulfúrico en el vaso de precipitados.
  - Para acidificar productos de sulfato de aluminio, se calcula la cantidad de ácido sulfúrico que debe ser adicionada como sigue (véase 6.3.6.2 inciso a).

$$\text{gotas de H}_2\text{SO}_4 = \frac{\text{peso de muestra (g)} \cdot \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ en muestra (\%)}}{5}$$

Esa es la cantidad de ácido sulfúrico 1:1 que debe adicionarse al vaso de precipitados.

- Para valores especialmente altos de productos de sulfuro de aluminio (alúmina que contiene más de unas décimas de porcentaje de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre), se calcula la cantidad de ácido sulfúrico que debe adicionarse como sigue:

$$\text{gotas de H}_2\text{SO}_4 = 19 + (A \cdot AB \cdot 0,06)$$

donde:

A: peso de la muestra, en g

AB: porcentaje de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre en la muestra, en %

Esa es la cantidad de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  que debe adicionarse al vaso de precipitados.

- Para muestras de alúmina seca, se agita con una varilla de vidrio y se calienta si es necesario, para disolver completamente la muestra. Se deja enfriar la solución a temperatura ambiente y se transfiere cuantitativamente a un balón aforado de 500 ml, se diluye hasta la marca con agua.
- Se toman con la pipeta 50 ml de la muestra y se colocan en un Erlenmeyer de 500 ml o en un vaso de precipitados de 400 ml (véase 6.3.6.2, inciso b).
- Se continúa con el procedimiento indicado en 6.3.5.

### 6.3.5 Procedimiento

- Se toman con la pipeta 50 ml de la solución estándar 0,05 M de EDTA y se adicionan a la muestra que esta preparada en solución. Se adicionan 25 ml de la solución reguladora de acetato de amonio. Se agita suavemente y se mezcla adicionando perlas de ebullición.
- Se calienta el contenido en una estufa y se continúa la ebullición por 2 min a 3 min (véase 6.3.6.2 inciso c). Se enfría la solución a temperatura ambiente.
- Se adicionan de 3 gotas a 4 gotas de la solución indicadora de naranjado de xilenol, se titula el exceso de EDTA con la solución estándar 0,05 M de sulfato de zinc desde una bureta de 25 ml hasta que el color cambie de amarillo a rojo violeta.
- Se determina el contenido total de hierro en la muestra como  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  con el método descrito en 6.4.5. (Se omite este paso cuando se analiza el hierro libre).

### 6.3.6 Interpretación de resultados

#### 6.3.6.1 Cálculos

El porcentaje de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , se determina con la siguiente formula:

$$\% \text{ de } \text{Al}_2\text{O}_3 = AA - (\% \text{ de Fe total como } \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 0,6385)$$

Donde, el porcentaje de Fe total como  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  se determina de acuerdo a lo establecido en 6.4 (ensayo para la determinación del contenido de hierro total soluble en agua); y AA es el porcentaje de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y de Fe total expresado como  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , que se calcula con:

$$AA = \frac{\{ [ (\text{EDTA})(\text{ml}) - (\text{Zn SO}_4) ] F \} \cdot \text{molalidad de EDTA} \cdot 5,098}{\text{peso de la muestra titulada en g}}$$



donde:

EDTA: Volumen de EDTA corregidos a 20°C.

ZnSO<sub>4</sub>: Volumen de ZnSO<sub>4</sub> determinado en el inciso f) de 6.3.2.2.

F: Factor determinado en el inciso f) de 6.3.2.2.

### **6.3.6.2 Notas**

- a) El cómputo de la cantidad de ácido sulfúrico adicionado a las soluciones acidificadas de sulfato de aluminio está entre 0 gotas y 19 gotas de solución ácida 1:1.

Si el cómputo particular muestra un resultado pequeño o negativo en su valor para el número de gotas, (esto es de 1 a 3), no se adiciona la solución de NaOH 6N.

Si resultan 4 gotas o más, se adicionan 3 gotas de la solución de NaOH 6N por cada gota de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1:1 calculadas.

- b) La alícuota de la muestra en solución, para la titulación contendrá entre 0,110 g y 0,125 g de aluminio calculado como Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Si la muestra que se toma es de buen tamaño, el cambio de color puede darse al adicionar la primera gota de sulfato de zinc. En este caso el análisis se hace con alícuota de 25 ml de la solución que va a ensayarse.

- c) A la muestra en solución, se le adiciona un exceso de EDTA en solución y la solución reguladora de acetato de amonio, luego la mezcla, se coloca en ebullición hasta que el aluminio forme el complejo con el EDTA. Un tiempo de ebullición de 2 min a 3 min es adecuado. No se requiere un estricto control del volumen, sin embargo no se debe dejar evaporar a sequedad la muestra.

- d) Quelatos de EDTA con cationes multivalentes en base 1:1, la valencia del hierro no tiene incidencia y debe corregirse sólo para el hierro total expresado como Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

## **6.4 Ensayo para la determinación del contenido de hierro total soluble en agua**

### **6.4.1 Resumen del método**

En este ensayo se determina el porcentaje del contenido de hierro total soluble en agua, mediante la aplicación de varias soluciones y se determina el porcentaje con la ayuda de un espectrofotómetro, para ciertos intervalos de contenido de hierro en el sulfato de aluminio.

### **6.4.2 Aparatos y reactivos**

#### **6.4.2.1 Aparatos**

Espectrofotómetro.

#### **6.4.2.2 Reactivos**

- a) Solución al 10 % en peso de tiocianato de potasio (KCNS)

- b) Solución 1:1 de ácido sulfúrico en volumen 18 N. Se prepara mezclando cuidadosamente, mientras se agita, igual volumen de agua y ácido sulfúrico en un vaso de precipitados, solución que debe dejarse enfriar a temperatura ambiente, se debe considerar también que siempre debe adicionarse el ácido al agua.
- c) Solución al 1 % de permanganato de potasio  $\text{KMnO}_4$ . Esta solución debe guardarse en frascos de vidrio de color ámbar, bajo esas condiciones tiene un tiempo de vida útil de seis (6) meses.
- d) Solución patrón de Fe (0,10 Fe/ml). Se prepara por disolución de la solución patrón de 1,0 mg Fe/ ml, a la cual se incluyen 10 ml de la solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1:1 por cada litro de la solución patrón.

#### 6.4.3 Muestreo

El muestreo se prepara de acuerdo a lo establecido (véase 6.1.1).

#### 6.4.4 Preparación de la muestra

- a) En un balón aforado de 100 ml de capacidad se coloca 1 ml de solución patrón de hierro (véase 6.4.2.2) con una pipeta, luego se adicionan 50 ml de agua, 10 ml de solución 1:1 de ácido sulfúrico, y gota a gota solución de permanganato de potasio hasta obtener un color rosado que sea persistente. Finalmente se adicionan 10 ml de solución al 10 % de tiocianato de potasio y se diluye hasta la marca. Se lee en el espectrofotómetro a 475 mm, dentro de los 10 min siguientes contrastando contra un blanco, el cual se prepara adicionando 10 ml de solución de KCNS, 10 ml de solución 1:1 de ácido sulfúrico en un balón aforado de 100 ml y diluyendo con agua hasta la marca y mezclando.
- b) Se repite el procedimiento utilizando 2 ml, 3 ml, 4 ml y 5 ml de solución patrón de hierro (0,10 mg/ml).

Las lecturas deben efectuarse dentro de los 10 (diez) min, siguientes a la preparación de las soluciones

- c) Si el espectrofotómetro no permite la lectura directa debe elaborarse una curva de calibración utilizando los valores de la absorbancia en función de los miligramos de hierro o elaborando una gráfica del porcentaje de transmitancia en función de los miligramos de hierro en papel semilogarítmico. Es preferible encontrar la relación utilizando una ecuación.
- d) Para las muestras se pesan 10 g de sulfato de aluminio líquido con aproximación al 0,01 g ó 5 g de sulfato de aluminio seco.

#### 6.4.5 Procedimiento

Las muestras de 10 g de sulfato de aluminio líquido o de 5 g de sulfato de aluminio seco se diluyen en 1 l, en un balón aforado de 100 ml de capacidad se adicionan 10 ml de la muestra que está en solución, 50 ml de agua, 10 ml de solución 1:1 de ácido sulfúrico, gota a gota solución del 1 % de permanganato de potasio hasta obtener un color rosado persistente. Se deja enfriar a temperatura ambiente. Se adicionan 10 ml de la solución de tiocianato de potasio y se diluye hasta la marca. Se efectúa la lectura en un espectrofotómetro a 475  $\mu\text{m}$ , utilizando un blanco para contrastar y se efectúan las lecturas dentro de los 10 min siguientes a la preparación de la muestra.

Este procedimiento es utilizado para determinar el contenido de hierro en el sulfato de aluminio líquido en un intervalo entre 0,1 % y 0,7 % de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Si el contenido de hierro esta fuera de este intervalo, se debe tomar una alícuota adecuada, la cual debe tenerse en cuenta en el momento de efectuar el cálculo establecido (véase 6.4.6.1).

### 6.4.6 Interpretación de resultados

Para la interpretación de los resultados del contenido de hierro total soluble en agua, en el sulfato de aluminio, se tiene:

#### 6.4.6.1 Cálculos

$$\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{ en } (\%) = \frac{\text{MM} \cdot \text{B} \cdot \text{C} \cdot 100}{\text{W} \cdot \text{D}}$$

donde:

MM: son miligramos de Fe

B: es el volumen total de la solución en ensayo, dividida por la porción usada:

$$1\,000\text{ ml}/10\text{ ml} = 100$$

C: es el factor de conversión de Fe a  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,4297$

W: es el peso de la muestra, en g

D: es el factor de conversión, peso de la muestra en gramos a miligramos = 1 000

En consecuencia, aplicando los valores del ensayo:

$$\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{ en } (\%) = \frac{\text{MM} \cdot 100 \cdot 1,4297 \cdot 100}{\text{W} \cdot 1\,000}$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{ en } (\%) = \frac{\text{M} \cdot 14,297}{\text{W}}$$

Cuando la ecuación es usada para la conversión de la absorbancia

para:

MM = 0,106 mg Fe

W = 10,2 g

$$0,15\% \text{ de Fe como } \text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{0,106 \cdot 14,297}{10,2}$$

#### 6.4.6.2 Ion férrico

Para determinar el ión férrico, se utiliza el procedimiento indicado para el ensayo de hierro total, excepto que no se usa el permanganato de potasio.

#### 6.4.6.3 Hierro ferroso

Se resta del valor obtenido para el ión férrico expresado como  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (véase 6.4.6.2) del total de óxido de hierro (véase 6.4.6.1) expresado como  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Esta diferencia representa la cantidad de hierro ferroso en términos de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Si se multiplica este resultado por 0,90 se obtiene el contenido de ión ferroso en términos de óxido ferroso (FeO).

## **6.5 Ensayo para determinar la basicidad y/o ácido libre**

### **6.5.1 Resumen del método**

El método descrito para determinar la basicidad y/ ácido libre, se denomina como método directo y está basado en la descomposición de las sales de aluminio por exceso de fluoruro de potasio neutro para formar dos compuestos estables y neutros a la fenolftaleína.

### **6.5.2 Reactivos**

Entre los reactivos se tienen las soluciones descritas a continuación:

#### **6.5.2.1 Solución alcohólica al 0,1 % de fenolftaleína**

#### **6.5.2.2 Solución de fluoruro de potasio**

Se prepara disolviendo 1 000 g de fluoruro de potasio puro en 1 200 ml de agua caliente y destilada libre de  $\text{CO}_2$  y 0,5 ml de fenolftaleína (véase 6.5.2.1), luego se neutraliza con la solución de hidróxido de potasio o de ácido sulfúrico hasta que 1 ml de la solución en 10 ml de agua destilada libre de  $\text{CO}_2$  presente un leve color rosado.

Si existe materia insoluble debe filtrarse la solución sin lavar. Finalmente se diluye en 2 000 ml con agua libre de  $\text{CO}_2$ . Debe almacenarse en envases plásticos.

#### **6.5.2.3 Soluciones 0,5 N de ácido sulfúrico y 0,5 N de hidróxido de sodio**

Se estandariza el álcali contra un ácido en 40 ml de agua destilada a la cual se le han adicionado 10 ml de la solución de fluoruro de potasio (véase 6.5.2.2), debe adicionarse fenolftaleína como indicador (véase 6.5.2.1).

### **6.5.3 Muestreo**

El muestreo se prepara de acuerdo a lo establecido en 6.1.1.

### **6.5.4 Preparación de la muestra**

Se usa la muestra en solución equivalente en:

3,5 g de sulfato de aluminio seco ó 7,0 ml de sulfato de aluminio líquido.

### **6.5.5 Procedimiento**

Se toma la muestra en solución equivalente y se disuelve en 1 000 ml de agua destilada caliente y se calienta hasta su ebullición.

Se adiciona a la solución caliente 10 ml de solución de ácido sulfúrico 0,5 N. Se enfría a temperatura ambiente. Se adiciona de 18 ml a 20 ml de solución de fluoruro de potasio y 0,5 ml de solución de fenolftaleína. Se titula con solución 0,5 N de hidróxido de sodio, gota a gota, hasta que el color rosado persista durante 1 min. La titulación indica si la muestra es ácida o básica.

## 6.5.6 Interpretación de resultados

### 6.5.6.1 Cálculos

Para la determinación de la alúmina libre en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ :

$$\text{Bas} = \frac{(\text{Av} - \text{Bv}) \cdot 0,0085}{\text{Peso de la muestra}} \cdot 100$$

donde:

Bas: es la alúmina libre  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , en %

Av: es el volumen de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,5 N, en ml

Bv: es el volumen de NaOH 0,5 N, en ml

Para la determinación del porcentaje de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  libre, se tiene:

$$\text{Aci} = \frac{(\text{Bv} - \text{Av}) \cdot 0,0245 \cdot 100}{\text{Peso de la muestra}} \cdot 100$$

donde:

Aci: es el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  libre, en %

Av: es el volumen de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,5 N, en ml

Bv: es el volumen de NaOH 0,5 N, en ml

### 6.5.6.2 Interpretación de resultados

La alúmina es básica, si la retrotitulación con hidróxido de sodio es menor que la cantidad de ácido sulfúrico adicionado (esto es menos de 10 ml).

Existe ácido libre, si la cantidad de hidróxido de sodio utilizada en la retrotitulación es mayor que la cantidad de ácido sulfúrico adicionado (esto es mayor que 10 ml).

La muestra es neutra, si la cantidad de hidróxido de sodio utilizada en la retrotitulación es igual a la cantidad de ácido sulfúrico adicionada.

## 6.6 Ensayo alternativo para determinar alúmina total

### 6.6.1 Resumen del método

El método alternativo se refiere al método analítico, que determina la alúmina total por espectroscopia de absorción atómica.

### 6.6.2 Reactivos y aparatos

#### 6.6.2.1 Reactivos

a) Agua desionizada

b) Solución de cloruro al 25 %

Para la solución de cloruro al 25 %, se debe disolver 125 g de cloruro de potasio (KCl)

grado reactivo, en agua desionizada, en un balón volumétrico de 500 cm<sup>3</sup> y completar a volumen.

- c) Ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), concentrado, grado reactivo.
- d) Solución de referencia de aluminio, que contenga 1 000 mg/l de Al
- e) Soluciones de referencia de aluminio, de trabajo

En una serie de balones volumétricos de 100 ml, se adiciona mediante una pipeta, a cada uno de los balones 0,0 ml; 1,0 ml; 2,5 ml y 5,0 ml de la solución de referencia de aluminio 1.000 mg Al/l. Se adiciona 2,0 ml de solución de KCl al 25 % y 1,0 ml de ácido nítrico concentrado a cada balón. En seguida, se diluye con agua desionizada y se completa a volumen, y se mezcla. Estas soluciones de referencia tienen una concentración de 0 mg/l, 10 mg/l, 25 mg/l y 50 mg/l de Al, respectivamente.

#### 6.6.2.2 Aparatos

- a) Espectrofotómetro de absorción atómica (AAS)
- b) Lámpara de cátodo de aluminio
- c) Balones volumétricos de varios tamaños
- d) Balanza analítica de precisión 0,001 g
- e) Pipetas volumétricas de varios tamaños

Asimismo, las condiciones de operación del instrumento, deben ser:

- Longitud de onda: 309,3 nm
- Ancho de rejilla: 0,7 nm
- Energía de la lámpara: 15 miliamperios (mA).
- Combustible: N<sub>2</sub>O - Acetileno, oxidante (delgada, azul).
- Presión del gas: según recomendaciones del fabricante, dependiendo del tipo de control de gas en uso.

#### 6.6.3 Muestreo

El muestreo se realiza de acuerdo a lo establecido (véase 6.1.1)

#### 6.6.4 Preparación de la muestra

Para preparar la muestra, se hacen diluciones, con agua desionizada, hasta lograr que la dilución se encuentre dentro del rango lineal de trabajo del instrumento (menos de 50 mg/l de Al).

Generalmente, la primera dilución es 1:50, todas las muestras deben ser pesadas con precisión de 0,001 g, para preparar la segunda dilución, se toma con una pipeta 5,0 ml de la solución anterior y se llevan a un balón volumétrico de 100 ml.

#### 6.6.5 Procedimiento

##### 6.6.5.1 Preparaciones adicionales

Con una pipeta, se colocan 2,0 ml de la solución de KCl al 25 % y 1,0 ml de HNO<sub>3</sub> concentrado en el balón volumétrico y se complementa a volumen con agua desionizada y se mezcla. Se debe preparar un blanco, repitiendo este paso, utilizando un balón volumétrico limpio y seco.

### 6.6.5.2 Optimización de parámetros

Optimizar los parámetros experimentales, tales como longitud de onda, posición del quemador, alineación de la lámpara, relaciones combustible oxidante, velocidad de nebulización, según las instrucciones del fabricante.

### 6.6.5.3 Medición de absorbancia

Aspirar y medir la absorbancia del blanco y de una serie de soluciones de referencia de trabajo. El rango de concentración de las soluciones de referencia varía de 0 mg/l a 50 mg/l de Al.

Aspirar y medir la absorbancia de las soluciones diluidas de la muestra.

### 6.6.5.4 Curva de calibración

Preparar una curva de calibración, graficando la absorbancia en función de la concentración de Al, en mg/l, para las soluciones de referencia. Obtener la concentración de Al en mg/l, en soluciones diluidas de la muestra, a partir de los valores de absorbancia y los correspondientes de concentración de la curva de calibración.

## 6.6 Interpretación de resultados

### 6.6.6.1 Cálculos

La concentración de aluminio en la muestra (Con. de Al), en mg/l, se calcula mediante:

$$\text{Con. de Al} = (\text{mg/l en la muestra diluida}) \cdot Df$$

donde:

Con. de Al: es la concentración de aluminio en la muestra, en mg/l

Df: es el factor de dilución apropiado

El porcentaje de aluminio, se determina por:

$$\text{Porcentaje de Al} = (\text{mg/l de Al}) / 10\,000$$

El porcentaje de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , se determina con:

$$\text{Porcentaje de Al}_2\text{O}_3 = (\% \text{ Al}) \cdot 1,89$$

**Precisión:** La desviación en la muestra es 1,8 % y fue determinada por triplicado de cuatro (4) muestras y por un operador.

### 6.6.6.2 Registro de datos

Se debe registrar la desviación en la muestra en porcentaje, con la cantidad realizada de determinaciones, la cantidad de muestras y los datos del operador.

## 6.7 Repetición de pruebas

Para cumplir lo establecido en la norma, se debe contar con un informe de no conformidad.

Cuando el informe determine que el sulfato de aluminio entregado no sea conforme con los requisitos de la norma, el comprador debe suministrarle al vendedor el informe sobre la no conformidad, dentro de los 10 (diez) días hábiles siguientes a la recepción del producto en el sitio de destino.

Los resultados de los ensayos hechos por el comprador prevalecerán salvo que el vendedor notifique al comprador, dentro de los 5 (cinco) días hábiles siguientes a la recepción del informe sobre su deseo de efectuar un nuevo ensayo.

Cuando el comprador reciba la petición para efectuar el nuevo ensayo, enviará al vendedor una muestra sellada y tomada de acuerdo con lo establecido (véase 6.1).

En el caso de que el resultado obtenido por el vendedor en el nuevo ensayo no coincida con el obtenido por el comprador, se enviará la otra muestra sellada y sin abrir a un laboratorio de referencia que sea escogido por acuerdo entre las partes. El resultado del análisis efectuado en el arbitraje debe aceptarse como el final y los costos de los ensayos serán sufragados por el vendedor, si se encuentra que el material no cumple con los requisitos de esta norma, en caso contrario estará a cargo del comprador.

## **6.8 Rechazo**

Cuando el sulfato de aluminio ensayado bajo las condiciones de esta norma, no cumpla con las especificaciones físicas y químicas establecidas en esta norma y las adicionales que el comprador pueda establecer en la orden de compra se debe notificar al vendedor inmediatamente se detecte este incumplimiento, pero en cualquier caso, dentro de los treinta (30) días siguientes a la recepción del material.

## **6.9 Retiro de material**

Si el producto no está conforme con los requisitos de esta norma, el vendedor podrá retirarlo o convenir con el comprador un ajuste sobre el precio.

# **7 INSPECCIONES Y CERTIFICACIONES**

## **7.1 Certificado de cumplimiento**

El comprador puede solicitar al fabricante o al vendedor del sulfato de aluminio un certificado en donde se establezca que el producto cumple con los requisitos de esta norma o un certificado de análisis del sulfato de aluminio.

El comprador puede hacer sus propios ensayos para verificar la conformidad del producto con la norma.

## **7.2 Certificación del peso**

El comprador puede solicitar que el cargamento venga acompañado de un certificado de peso, o pueda ser también verificado por el comprador a la entrega del mismo.

# **8 EMPAQUE, ENVÍO, MANEJO Y ROTULADO**

## **8.1 Empaque y envío**

El empaque y envío del sulfato de aluminio cumplirá al menos, lo siguiente:



### **8.1.1 Sulfato de aluminio en forma de terrón y/o en grano**

Podrá enviarse a granel o en tambores metálicos o en bolsas de papel de varias capas. El peso de los empaques, no debe diferir del nominal en más del 2,5 %.

Si se hace alguna excepción con respecto al peso del material recibido, ésta se basará en un certificado del peso unitario, que no será menor al 10 % de los empaques del cargamento. Estos deben seleccionarse al azar de todo el despacho.

### **8.1.2 Sulfato de aluminio en forma líquida**

El sulfato de aluminio líquido podrá enviarse en tanques y carro-tanques. El tanque debe estar construido en un material adecuado que sea inerte al ataque ácido del producto.

Los tanques y carro-tanques tendrán una condición tal que les permita transportar el alumbre líquido sin alterar su naturaleza y sin producir ningún efecto que reduzca la posibilidad de uso del sulfato de aluminio en el tratamiento de agua municipal o industrial.

En caso de que la transacción comercial se haga por una cantidad inferior a la de la capacidad del embarque, el comprador y el vendedor deben acordar el tamaño y el tipo del contenedor que va a utilizarse.

## **8.2 Contaminación**

El vendedor debe inspeccionar cuidadosamente el embalaje que se utilice antes de cargar el producto, para garantizar que el sulfato de aluminio no va ser contaminado.

## **8.3 Manejo**

Las etapas de la manipulación de las sustancias químicas desde su recepción hasta su aplicación, se encuentran determinadas en el capítulo 6 del reglamento técnico de diseño para plantas potabilizadoras de agua, de la NB 689.

## **8.4 Rotulado**

Cada despacho de sulfato de aluminio en terrón o en grano debe venir acompañado de una identificación.

Cada contenedor o embalaje en general tendrá marcado en forma indeleble al menos, la siguiente información:

1. Contenido: sulfato de aluminio
2. Peso neto
3. Nombre del fabricante
4. Marca de fábrica

## **9 BIBLIOGRAFÍA**

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM

ASTM E 11 Standard Specification for wire cloth and sieves for testing purposes

ASTM E 200 Practice for Preparation, Standardization, and storage solutions for chemical analysis

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - AWWA

ANSI/AWWA B403 Standard for aluminum sulfate liquid



## Anexo A (Informativo)

### Coagulación - Principales productos

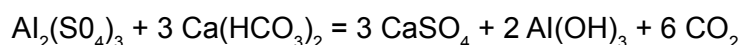
#### A.1 COAGULACION

La coagulación consiste en introducir en el agua un producto capaz:

- de neutralizar la carga de los coloides, generalmente electronegativos, presentes en el agua,
- de formar un precipitado.

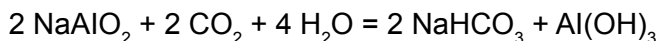
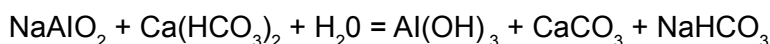
#### A.2 PRINCIPALES PRODUCTOS COAGULANTES, REACCIONES QUÍMICAS EN LA COAGULACIÓN

1. Sulfato de alúmina:



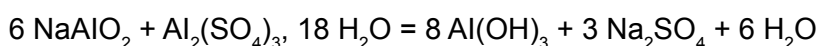
Dosis: De 15 g/m<sup>3</sup> a 100 g/m<sup>3</sup>, según la turbiedad del agua, de reactivo comercial  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , 18 H<sub>2</sub>O.

2. Aluminato sódico solo:



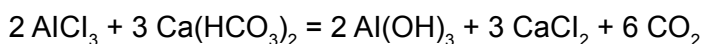
Dosis: De 5 g/m<sup>3</sup> a 50 g/m<sup>3</sup>, según la turbiedad del agua, de reactivo comercial al 50 % de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

3. Sulfato de alúmina + aluminato sódico:



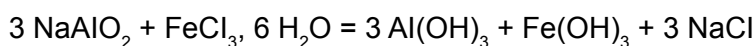
Dosis: Para una reacción equimolecular, la cantidad de aluminato sódico comercial que se precisa es un 75 % de la dosis de sulfato de alúmina comercial. Sin embargo, la dosis de aluminato puede ser mucho menor, y, en este caso, el reactivo sólo sirve para provocar la coagulación del sulfato de alúmina.

4. Cloruro de aluminio (de empleo excepcional):



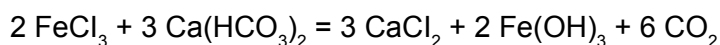
Dosis: De 12 g/m<sup>3</sup> a 40 g/m<sup>3</sup> de reactivo comercial  $\text{AlCl}_3$ , 6 H<sub>2</sub>O, según la turbiedad del agua.

5. Aluminato sódico + cloruro férrico:



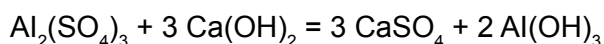
Dosis: Se necesita aproximadamente igual cantidad de aluminato sódico comercial, de una riqueza del 50 % en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , que de cloruro férrico comercial  $\text{FeCl}_3$ , 6  $\text{H}_2\text{O}$ .

6. Cloruro férrico solo:



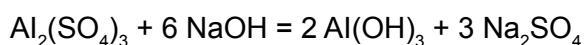
Dosis: 5 g/m<sup>3</sup> a 100 g/m<sup>3</sup> de cloruro férrico comercial  $\text{FeCl}_3$ , 6  $\text{H}_2\text{O}$ , según la turbiedad del agua.

7. Sulfato de alúmina + cal:



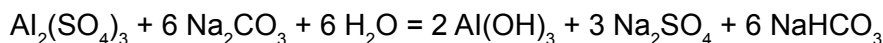
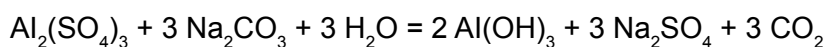
Dosis: La cal  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  que se precisa es un tercio de la dosis de sulfato de alúmina comercial  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , 18  $\text{H}_2\text{O}$ .

8. Sulfato de alúmina + sosa cáustica:



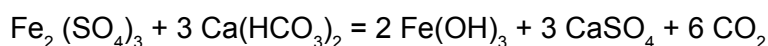
Dosis: La dosis de sosa cáustica  $\text{NaOH}$  que se precisa es un 36 % de la dosis de sulfato de alúmina comercial  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , 18  $\text{H}_2\text{O}$ .

9. Sulfato de alúmina + carbonato sódico:



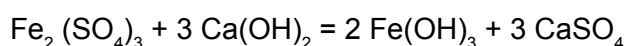
Dosis: Se necesita una cantidad de sosa entre el 50 % y el 100 % de la dosis de sulfato de alúmina comercial  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , 18  $\text{H}_2\text{O}$ .

10. Sulfato férrico:



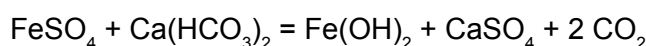
Dosis: De 10 g/m<sup>3</sup> a 50 g/m<sup>3</sup> de reactivo comercial  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , 9  $\text{H}_2\text{O}$ , según la turbiedad del agua.

11. Sulfato férrico + cal:



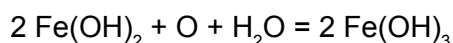
Dosis: Se necesita una cantidad de cal  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  igual al 40 % de la dosis de sulfato de hierro  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , 9  $\text{H}_2\text{O}$ .

12. Sulfato ferroso:

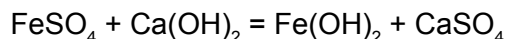


Dosis: De 5 g/m<sup>3</sup> a 25 g/m<sup>3</sup> de reactivo comercial  $\text{FeSO}_4$ , 7  $\text{H}_2\text{O}$ , según la turbiedad del agua.

En aguas aireadas, el hidróxido ferroso se oxida pasando a hidróxido férrico:



13. Sulfato ferroso + cal:



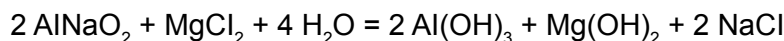
Dosis: Se precisa una cantidad de cal  $\text{Ca(OH)}_2$  igual al 26 % de la dosis de sulfato ferroso  $\text{FeSO}_4$ , 7  $\text{H}_2\text{O}$ .

14. Sulfato ferroso + cloro:



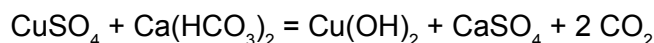
Dosis: Se necesita una cantidad de cloro igual al 12 % de la dosis de sulfato ferroso  $\text{FeSO}_4$ , 7  $\text{H}_2\text{O}$ .

15. Aluminato sódico + cloruro magnésico:



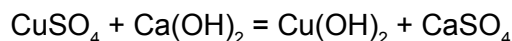
Dosis: La dosis de  $\text{MgCl}_2$ , 6  $\text{H}_2\text{O}$  que se necesita es un 125 % de la dosis de aluminato del 50 % en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

16. Sulfato cúprico:



Dosis: De 5 g/m<sup>3</sup> a 20 g/m<sup>3</sup>.

17. Sulfato cúprico + cal:



Dosis: Se necesitan 30 g de cal  $\text{Ca(OH)}_2$  por cada 100 g de sulfato cúprico  $\text{CuSO}_4$ , 5  $\text{H}_2\text{O}$ .

18. Ozono

El ozono no es coagulante en el sentido propio de la palabra, puesto que no ejerce acción alguna sobre las cargas eléctricas de los coloides del agua.

Sin embargo, en algunos casos bien definidos, cuando el agua contiene complejos que ligan materias orgánicas al hierro o al manganeso, puede suceder que el ozono actúe como ayudante de coagulación. Por una parte, se comprueba la destrucción por el ozono de estos complejos, y, por otra, la oxidación de los iones metálicos así liberados. Si se alcanzan las condiciones de pH requeridas, se formará un precipitado, generalmente frágil y poco voluminoso. Las características de densidad y de cohesión del floculo formado son insuficientes para que se consiga una decantación aceptable, pero puede realizarse una coagulación sobre filtro.

### A.3 FABRICACIÓN INDUSTRIAL DEL SULFATO DE ALÚMINA

#### 1. A partir de arcilla:

Se pone arcilla en contacto con ácido sulfúrico:

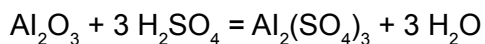


Para conseguir 1 tonelada de sulfato de alúmina, se necesitan, por término medio 2,1 toneladas de arcilla, más 0,7 toneladas de ácido al 70 %, más 155 l de agua.

Es preciso calentar y agitar por espacio de 10 h.

Debe dejarse decantar la solución obtenida, ya que contiene gran cantidad de insolubles.

#### 2. A partir de bauxita:



Para conseguir 1 tonelada de sulfato de alúmina hidratado, se necesitan 265 kg de bauxita, más 630 kg de ácido al 70 % y 210 l de agua.

No es necesario calentar, puesto que la reacción es exotérmica.

Tiempo de reacción: de 1 h a 3 h.

Quedan muy pocos residuos insolubles.

## **IBNORCA: Instituto Boliviano de Normalización y Calidad**

IBNORCA creado por Decreto Supremo N° 23489 de fecha 1993-04-29 y ratificado como parte componente del Sistema Boliviano de la Calidad (SNMAC) por Decreto Supremo N°24498 de fecha 1997-02-17, es la Organización Nacional de Normalización responsable del estudio y la elaboración de Normas Bolivianas.

Representa a Bolivia ante los organismos Subregionales, Regionales e Internacionales de Normalización, siendo actualmente miembro activo del Comité Andino de Normalización CAN, de la Asociación MERCOSUR de Normalización AMN, miembro pleno de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas COPANT, miembro de la International Electrotechnical Commission IEC y miembro correspondiente de la International Organization for Standardization ISO.

### **Revisión**

Esta norma está sujeta a ser revisada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

### **Características de aplicación de Normas Bolivianas**

Como las normas técnicas se constituyen en instrumentos de ordenamiento tecnológico, orientadas a aplicar criterios de calidad, su utilización es un compromiso concienzudo y de responsabilidad del sector productivo y de exigencia del sector consumidor.

### **Información sobre Normas Técnicas**

IBNORCA, cuenta con un Centro de Información y Documentación que pone a disposición de los interesados Normas Internacionales, Regionales, Nacionales y de otros países.

### **Derecho de Propiedad**

IBNORCA tiene derecho de propiedad de todas sus publicaciones, en consecuencia la reproducción total o parcial de las Normas Bolivianas está completamente prohibida.





MINISTERIO DEL AGUA  
VICEMINISTERIO DE SERVICIOS BÁSICOS

## **Revestimiento interno con mortero de cemento centrifugado para tubería de fierro fundido dúctil con o sin presión - Prescripciones generales**

ICS 91.100.10-30 Mortero

Abril 2007



Ministerio del Agua  
Viceministerio de  
Servicios Básicos



## Prefacio

La elaboración de la Norma Boliviana **NB 127001-07 “Revestimiento interno con mortero de cemento centrifugado para tubería de fierro fundido dúctil con o sin presión - Prescripciones generales”**, ha sido encomendada al Comité Técnico de Normalización **CTN 12.7 “Morteros y hormigones”**.

Las instituciones y representantes que participaron fueron los siguientes:

| REPRESENTANTE      | INSTITUCIÓN           |
|--------------------|-----------------------|
| Reynaldo Villalba  | UNI/VSB (Coordinador) |
| Luís Víctor Rico   | ABIS                  |
| José Luís Castagné | ABIS                  |
| Grover Rivera      | IIS-UMSA              |
| José Díaz          | IIS-UMSA              |
| Ronny Vega         | ANESAPA               |
| Leonardo Cuaquira  | CONSULTOR             |
| Fernando Inchauste | CONSULTOR             |
| Humberto Obleas    | CONSULTOR             |
| Patricia Ancalle   | CONSULTOR             |
| Gonzalo Dalence E. | IBNORCA               |

Fecha de aprobación por el Comité Técnico de Normalización 2007-02-12

Fecha de aprobación por el Consejo Rector de Normalización 2007-03-29

Fecha de aprobación por la Junta Directiva del IBNORCA 2007-04-13

## Informe

La actualización de esta Norma fue realizada por el Viceministerio de Servicios Básicos/ Ministerio del Agua, a la cabeza del Ing. Alcides Franco Torrico, Viceministro de Servicios Básicos, con financiamiento del Proyecto de Asistencia Técnica/ASDI y la supervisión de la Unidad de Normas e Institucionalidad del Viceministerio de Servicios Básicos.

Esta Norma ha sido elaborada en el marco de una consultoría y su revisión y aprobación fueron realizadas por el Comité Técnico de Normalización CTN 12.7.

Asimismo, la revisión de esta Norma se realizó en talleres técnicos regionales en las ciudades de Cochabamba, Santa Cruz y La Paz, con la participación y el aporte de los siguientes profesionales e instituciones:

La presente Norma Boliviana de Materiales de Saneamiento Básico “Revestimiento interno con mortero de cemento centrifugado para tubería de fierro fundido dúctil con o sin presión - Prescripciones generales” es complementaria a la norma NB 645 “Tuberías de fierro fundido dúctil, uniones y accesorios para líneas de tubería de presión (Primera revisión)” y se fundamenta en la norma ISO 4179 “Tuberías de fundición dúctil para canalizaciones con o sin presión - Revestimiento interno con mortero de cemento centrifugado - Prescripciones generales”.

### VALLE

|                  |                   |                   |                     |
|------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Severo Vega      | ABIS – Cochabamba | Edgar Armaza      | SEMAPA              |
| Jhony Pérez      | ABIS – Cochabamba | Carlos Peláez     | SEMAPA              |
| Marcelo Crespo   | ABIS – Cochabamba | Jorge Heredia     | SEMAPA              |
| Julio Fuentes    | ABIS – Cochabamba | Leonardo Salinas  | SEMAPA              |
| J. Carlos Guzmán | GM – Cochabamba   | Vanesa Selaya     | SEMAPA              |
| Cristian Cuellar | GM – Cochabamba   | Vladimir Valda    | ELAPAS – Sucre      |
| Franco Burgulla  | GM – Quillacollo  | Edgar A. Nava     | ELAPAS – Sucre      |
| Eduard Montalvo  | GM – Tapacarí     | Marcelo Encalada  | FUNDACION SODIS     |
| Jorge P. Vargas  | GM – Tapacarí     | Leonardo Anaya    | AGUILAR & ASOCIADOS |
| Julio Mercado    | GM – Colcapirhua  | Edwing Miranda    | FHI                 |
| Luis Coca        | FPS – Cochabamba  | Franklin Antezana | EMPROCIV SRL        |
| Jenny Rojas      | CASA – UMSS       | Oscar Zelada      | EMPRESIB            |
| Fernando Pérez   | AMDECO            | Wilfredo Veizaga  | MONTERREY SRL       |
| Ronald Baldellon | MACOTI            | José Veizaga      | MONTERREY SRL       |
| Mirtha Baptista  | CONSULTORA        | Marcelo Calizaya  | CONSULTOR           |

### TRÓPICO

|                    |                   |                    |                 |
|--------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| Marco A. Gutiérrez | VSF – PROAT       | Rolando de Chazal  | SAGUAPAC        |
| Alexis Meruvia     | VSF – PROAT       | Milton Von Borries | SAGUAPAC        |
| Eduardo Ugarteche  | ABIS Santa Cruz   | Erwin Medrano      | SAGUAPAC        |
| Guido Casso        | SIB Santa Cruz    | Roberto Cruz       | ACSAACRUZ       |
| Mauricio Flores    | SIB Santa Cruz    | Eladio Arequino    | COOP. SAJUBA    |
| Luisa Dorado       | PREFECTURA SCZ    | Ciriaco Coro       | COOP. SAJUBA    |
| Saud Yuja Gomez    | GM Trinidad, Beni | Teresa Romero      | COOP. SAJUBA    |
| Ramiro Plaza       | FPS Santa Cruz    | Luis Bravo         | COOP. EL CARMEN |

|                   |                     |                |                    |
|-------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| Eduardo Cuestas   | FPS Santa Cruz      | Ariel Méndez   | COOP. COSPOL       |
| Germán Palenque   | UAGRM               | David Saavedra | COOP. COSPOL       |
| Efraín Capobianco | UAGRM – SIMAC       | José A. Chacón | COSIMBO LTDA       |
| Juan E. Ribera    | UAGRM – SIMAC       | Rubén Angulo   | RAS – AVALUOS      |
| Silvana Balcázar  | CADECO – Santa Cruz | Mario E. Sandy | PLAN INTERNACIONAL |
| José L. Padilla   | CONSULTOR           |                |                    |

**ALTIPLANO**

|                    |                |                     |                     |
|--------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| Marco A. Gutiérrez | VSB – PROAT    | Carlos España       | UMSA Postgrado      |
| Alexis Meruvia     | VSB – PROAT    | Ángel Aliaga        | UMSA – IIH          |
| Víctor Rico        | ABIS – La Paz  | Gualberto Gutiérrez | UTO                 |
| Jose L. Castagné   | ABIS – La Paz  | Armando Garnica     | UTO                 |
| Orlando Camacho    | ABIS – La Paz  | Amilkar Ilaya       | UTO                 |
| Oswaldo Sánchez    | ABIS – La Paz  | Lina Fernández      | UTO                 |
| Iván Bolívar       | PREFECTURA LP  | José Huanca         | CARITAS             |
| Marcial Medina     | PREFECTURA LP  | Adolfo Gallardo     | ISERV ARQUITECTURA  |
| Edson Aranibar     | PREFECTURA LP  | Israel Antequera    | GREGORY MORRIS      |
| Carlos R. Morales  | PREFECTURA PT  | Daly Salvatierra    | AGUILAR & ASOCIADOS |
| Marco A. Gómez     | PREFECTURA PT  | Marvin Botello      | PLAMAT S.A.         |
| Ronald Beltrán     | GM – La Paz    | Gonzalo Vargas      | PLASMAR S.A.        |
| Carlos García      | GM – La Paz    | Oscar Quiroga       | PLASMAR S.A.        |
| Ramiro Encinas     | FPS – Nacional | Marcelo Barrero     | SUMINDUS            |
| Eufracio Choque    | FPS – La Paz   | Alfonso Pomarino    | CONSULTOR           |
| Alexandra Sandi    | FPS – La Paz   | Francisco Alvizuri  | CONSULTOR           |
| Ingrid Vásquez     | FNDR           | Juan C. Fernández   | CONSULTOR           |
| Hugo Jiménez       | SISAB          | Humberto Cordero    | CONSULTOR           |
| Roger Yugar        | PROAGUAS       | Leonardo Cuaquira   | CONSULTOR           |
| Juan Correa        | AAPOS – Potosí |                     |                     |

**ELABORACIÓN:**

|                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| Fernando Inchauste Morales | Consultor principal |
| Humberto Obleas Arandia    | Consultor           |
| Patricia Ancalle Mamani    | Consultora          |

**FINANCIADOR:**

Agencia Sueca de Cooperación para el  
para el Desarrollo Internacional (Asdi)

## ÍNDICE

Página

|          |                                                                       |            |
|----------|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>0</b> | <b>INTRODUCCIÓN.....</b>                                              | <b>275</b> |
| 0.1      | Sistema de unidades .....                                             | 275        |
| 0.2      | Variables .....                                                       | 275        |
| 0.3      | Abreviaturas.....                                                     | 275        |
| <b>1</b> | <b>OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN .....</b>                             | <b>275</b> |
| <b>2</b> | <b>REFERENCIAS .....</b>                                              | <b>276</b> |
| <b>3</b> | <b>MATERIALES.....</b>                                                | <b>276</b> |
| 3.1      | Cemento .....                                                         | 276        |
| 3.2      | Arena .....                                                           | 276        |
| 3.3      | Agua .....                                                            | 277        |
| <b>4</b> | <b>ESPECIFICACIONES .....</b>                                         | <b>277</b> |
| 4.1      | Mortero .....                                                         | 277        |
| 4.2      | Prescripción acerca de la naturaleza de la superficie .....           | 277        |
|          | interior de la tubería antes de la aplicación del revestimiento ..... | 277        |
| 4.3      | Aplicación del revestimiento .....                                    | 277        |
| 4.4      | Espesor del revestimiento .....                                       | 278        |
| 4.5      | Estado de superficie del revestimiento endurecido .....               | 278        |
| <b>5</b> | <b>MÉTODOS DE CONTROL.....</b>                                        | <b>278</b> |
| 5.1      | Importancia de los controles.....                                     | 278        |
| 5.2      | Tipos de controles.....                                               | 279        |
| 5.2.1    | Arena .....                                                           | 279        |
| 5.2.2    | Espesor del revestimiento .....                                       | 279        |
| 5.2.3    | Aspecto del revestimiento.....                                        | 281        |
| <b>6</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                                              | <b>281</b> |



---

**Revestimiento interno con mortero de cemento centrifugado para tubería de fierro fundido dúctil con o sin presión - Prescripciones generales****0 INTRODUCCIÓN****0.1 Sistema de unidades**

|                |                      |
|----------------|----------------------|
| kg             | Kilogramo            |
| m              | Metro                |
| m <sup>3</sup> | Metro cúbico         |
| mm             | Milímetro            |
| μm             | Micra                |
| %              | Porcentaje           |
| °C             | Grados centígrados   |
| °              | Grados sexagesimales |

**0.2 Variables**

|    |                                                          |    |
|----|----------------------------------------------------------|----|
| e  | Espesor de capa del revestimiento con mortero de cemento | mm |
| DE | Diámetro exterior                                        | mm |

**0.3 Abreviaturas**

|     |                                                |
|-----|------------------------------------------------|
| A/C | Relación arena/cemento                         |
| DN  | Diámetro nominal                               |
| ISO | International Organization for Standardization |

**1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta norma establece las prescripciones generales, naturaleza, método de aplicación, estado de superficie y, asimismo, el espesor mínimo del revestimiento interno de mortero de cemento centrifugado para tuberías de fierro fundido dúctil con o sin presión, tal como se definen en las normas ISO 2 531, ISO 4 179 e ISO 7 186 y se aplica a las tuberías de fierro fundido dúctil que son sometidas o no a presión.

Los valores y unidades se rigen de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades (véase NB 399).

Esta norma no pretende considerar todos los problemas de seguridad, si existen, relacionados con el uso de la misma. El usuario de esta norma es responsable de establecer procedimientos adecuados de seguridad, de control de la salud y determinar la aplicación de limitaciones regulatorias para usarla.

**NOTA**

Cuando se utiliza este revestimiento para el transporte de fluidos agresivos, cabe admitir, ya sea separadamente o en combinación :

- un aumento del espesor del revestimiento,
- la modificación del tipo de cemento,
- la aplicación de un revestimiento sobre el cemento.



## **2 REFERENCIAS**

Las normas de referencia que se presentan, contienen disposiciones y requisitos que son parte de esta norma y se consideran valederas para la presente norma.

En caso de conflicto prevalecerá lo establecido en esta norma.

NB 399 Sistema Internacional de Unidades - SI

NB 645 Tuberías de fierro fundido dúctil, uniones y accesorios para líneas de tubería de presión

## **3 MATERIALES**

### **3.1 Cemento**

El cemento utilizado como revestimiento deberá guardar conformidad con las normas aplicables a los cementos del país productor.

El fabricante podrá adoptar el tipo de cemento que mejor convenga, según su parecer, con la condición de informar al comprador.

### **3.2 Arena**

La arena utilizada deberá corresponder a una distribución granulométrica controlada, desde los elementos más finos hasta los más gruesos. Deberá encontrarse limpia y estar compuesta por partículas granulares inertes, duras, resistentes y estables.

El muestreo se deberá efectuar con arreglo a las normas nacionales aplicables a las normas de los materiales de construcción.

La curva granulométrica de la arena se deberá establecer por medio de tamices normalizados en el país productor y deberá atenerse a los requerimientos siguientes:

- La fracción fina (partículas que pasan por un tamiz de una abertura de malla de 0,125 mm) deberá ser, como máximo, equivalente a un 10 % del peso.
- La fracción compuesta por granos hasta un diámetro máximo equivalente a la tercera parte del espesor normal del revestimiento, no deberá nunca ser inferior a un 50 %, en peso.
- La fracción más gruesa (correspondiente al rechazo del tamiz cuya abertura de malla es la más cercana de la mitad del espesor normal del revestimiento), no deberá nunca ser superior de un 5 % en peso.

El estado de limpieza de la arena se evalúa según criterios de contenido de impurezas orgánicas y materias arcillosas, con arreglo a los métodos que figuran a continuación:

- El control de las impurezas orgánicas se deberá llevar a cabo por aplicación del método colorimétrico, según las normas vigentes en el país productor (según este método, la arena no deberá acusar una coloración más oscura que aquella del líquido testigo).
- La determinación del contenido de materias arcillosas y otras partículas finas de la arena (de dimensión inferior a 60  $\mu\text{m}$  a 80  $\mu\text{m}$ ), se debe efectuar por aplicación de las normas vigentes en el país productor del revestimiento mediante mortero de cemento.

Este contenido no debe nunca ser superior a un 2 % en peso.

### 3.3 Agua

El agua utilizada para la preparación del mortero no debe nunca contener ningún elemento capaz de perjudicar la calidad del mortero o la del agua que la tubería esta finalmente destinada a transportar.

La presencia de materias sólidas minerales se puede, no obstante, admitir, dentro de los límites en que se respetan debidamente estas prescripciones.

## 4 ESPECIFICACIONES

### 4.1 Mortero

El mortero del revestimiento debe estar compuesto por cemento, arena y agua.

Se podrá hacer uso de productos de adición, que se deberán precisar, pero con la oportuna reserva de no perjudicar la calidad del revestimiento ni aquella del agua transportada, y del mismo modo, que el revestimiento guarde siempre conformidad con todas las prescripciones de la presente norma.

El mortero se debe mezclar lo más perfectamente posible y su consistencia deberá dar lugar a la obtención de un revestimiento denso y homogéneo.

El mortero de cemento debe contener, en peso, una proporción de cemento de, por lo menos, la que corresponde a 3,5 partes de arena (o sea  $A/C \leq 3,5$  en peso en el mortero)<sup>1</sup>.

### 4.2 Prescripción acerca de la naturaleza de la superficie interior de la tubería antes de la aplicación del revestimiento

La superficie sobre la cual se aplicará el revestimiento, no debe contener ningún género de cuerpos extraños, de calamina no adherente o de cualquier otro material capaz de oponerse al correcto contacto entre el metal y el revestimiento.

Además, la superficie de la tubería debe estar libre de proyecciones de metal que formen protuberancias que sobrepasen un 50 % del espesor del revestimiento.

### 4.3 Aplicación del revestimiento

El mortero de cemento del revestimiento se aplicará por centrifugación en el interior de las tuberías<sup>2</sup>.

Salvo la superficie interna del empalme, las partes de la tubería que están destinadas a permanecer en contacto con el agua transportada deberán quedar totalmente revestidas de mortero.

El mortero no debe presentar cavidades o burbujas visibles, y será preciso darle una compacidad máxima en todos sus puntos. La consistencia del mortero, así como la duración y velocidad de centrifugación de la tubería se deben siempre ajustar de tal modo que la segregación de la arena en el revestimiento quede reducida en todo lo posible.

<sup>1</sup> Por lo que se refiere a los métodos de determinación de la relación arena/cemento (A/C), será preciso tener en cuenta la norma ISO 6 600.

<sup>2</sup> La presente norma tiene también aplicación, de forma análoga para aquellos procedimientos en que la capa de mortero de cemento se aplica mediante una cabeza de proyección centrífuga.

Una vez finalizada la centrifugación, el curado del revestimiento deberá tener lugar a temperaturas superiores a 0 °C.

Las posibles pérdidas de agua del mortero, por evaporación, deben ser lo suficientemente lentas para no oponerse a su endurecimiento.

Las reparaciones de las zonas dañadas o defectuosas podrán llevarse a cabo, eliminando entonces, en primer lugar, el mortero dañado de las zonas correspondientes. Acto seguido, se repararán las zonas defectuosas utilizando, por ejemplo, una paleta para aplicar mortero fresco, de tal modo que se obtenga de nuevo una capa continua de espesor regular.

Para tal fin, se utilizará un mortero de consistencia adecuada, al que se añadirán, si así se precisa, productos de adición para conseguir la correcta adherencia por las partes de mortero no dañado.

#### **4.4 Espesor del revestimiento**

El espesor normal del revestimiento y los valores mínimos admisibles de promedio y en un punto se determinan en la tabla 1, según la figura 1.

En los extremos de las tuberías, el revestimiento puede finalizar en disminución, incluso por debajo del espesor mínimo.

La longitud de la parte achaflanada deber ser lo más reducida posible y, de cualquier modo, inferior a 50 mm.

#### **4.5 Estado de superficie del revestimiento endurecido**

La superficie del revestimiento con mortero de cemento debe ser regular y perfectamente lisa. Los granos de arena únicamente podrán sobresalir superficialmente y de forma aislada en la superficie del revestimiento.

El revestimiento no debe ser quebradizo, ni presentar ondulaciones o surcos que puedan dar lugar a espesores locales inferiores a los valores mínimos en un punto establecidos (véase tabla 1).

Como consecuencia de la retracción del revestimiento, resulta imposible evitar la formación de grietas superficiales.

Tanto las grietas de retracción como las grietas aisladas que puedan derivarse de la fabricación o del transporte de las tuberías, se considerarán aceptables hasta una anchura de 0,8 mm.

La estructura de la capa guarda relación con el procedimiento de centrifugación.

En la pared interna del revestimiento se forma una capa delgada de arena fina que puede alcanzar, aproximadamente, la cuarta parte del espesor total del mortero.

### **5 MÉTODOS DE CONTROL**

#### **5.1 Importancia de los controles**

Los diversos controles considerados en la presente norma se deben llevar a cabo según las condiciones establecidas.

## **5.2 Tipos de controles**

### **5.2.1 Arena**

Generalmente, se considera suficiente la determinación de la curva granulométrica de la arena por medio de una muestra de promedio que corresponda, para cada procedencia de aprovisionamiento, a la cantidad necesaria para una semana de producción.

El control de las impurezas orgánicas y del contenido en cuanto a materias arcillosas podrá ser efectuado únicamente mediante una muestra de promedio representativa de las cantidades necesarias para un mes de fabricación.

Se podrán modificar las frecuencias de estos diversos controles acorde a la regularidad de los suministros, y aumentadas, por lo menos provisionalmente, en caso de cambio de las procedencias de suministro o bien, de irregularidades comprobadas en los aprovisionamientos de misma procedencia.

### **5.2.2 Espesor del revestimiento**

El espesor del revestimiento deberá verificarse, por lo menos en una tubería por turno y por instalación de centrifugación, y ello para cada diámetro fabricado.

El control del espesor del revestimiento se efectúa en el mortero recién centrifugado, por penetración de una barra de acero o, en el mortero una vez endurecido, por aplicación de un método de medición no destructivo.

El espesor se debe medir en cada extremo de la tubería que se trata de controlar y, en por lo menos, una sección perpendicular al eje de la tubería.

En cada sección que debe, como mínimo, ser distante de 200 mm a partir del extremo de la tubería, la medición se deberá efectuar en cuatro puntos situados a 90 ° uno de otro.

Los valores del espesor de capa se deben indicar con una precisión de más o menos 0,1 mm.

El espesor medido en un punto no debe nunca ser inferior al valor mínimo establecido para un punto (véase tabla 1).

La media aritmética de las cuatro medidas en una sección, no debe nunca ser inferior al valor promedio mínimo establecido (véase tabla 1).

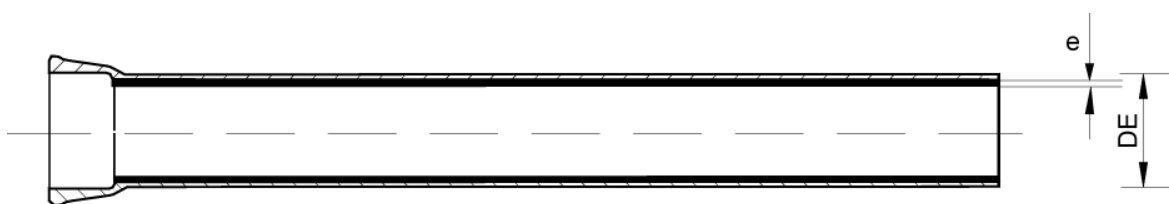
Tabla 1 - Espesor de capa del revestimiento con mortero de cemento

| Grupo de DN | Diámetro Nominal * DN | DE mm | Espesor de capa "e" |                          |                             | Peso por m lineal aproximado <sup>3</sup><br>kg |
|-------------|-----------------------|-------|---------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------|
|             |                       |       | Normal mm           | Valor promedio mínimo mm | Valor mínimo en un punto mm |                                                 |
| I           | 40                    | 56    | 3,0                 | 2,5                      | 1,5 <sup>4</sup>            | 0,8                                             |
|             | 50                    | 66    |                     |                          |                             | 1,0                                             |
|             | 60                    | 77    |                     |                          |                             | 1,3                                             |
|             | 65                    | 82    |                     |                          |                             | 1,4                                             |
|             | 80                    | 96    |                     |                          |                             | 1,7                                             |
|             | 100                   | 118   |                     |                          |                             | 2,1                                             |
|             | 125                   | 144   |                     |                          |                             | 2,7                                             |
|             | 150                   | 170   |                     |                          |                             | 3,2                                             |
|             | 200                   | 222   |                     |                          |                             | 4,2                                             |
|             | 250                   | 274   |                     |                          |                             | 5,2                                             |
|             | 300                   | 325   |                     |                          |                             | 6,3                                             |
| II          | 350                   | 378   | 5,0                 | 4,5                      | 2,5                         | 12,3                                            |
|             | 400                   | 429   |                     |                          |                             | 14,0                                            |
|             | 500                   | 532   |                     |                          |                             | 17,5                                            |
|             | 600                   | 635   |                     |                          |                             | 20,9                                            |
| III         | 700                   | 738   | 6,0                 | 5,5                      | 3,0                         | 29,3                                            |
|             | 800                   | 842   |                     |                          |                             | 33,4                                            |
|             | 900                   | 945   |                     |                          |                             | 37,6                                            |
|             | 1 000                 | 1 048 |                     |                          |                             | 41,7                                            |
|             | 1 200                 | 1 255 |                     |                          |                             | 50,0                                            |
| IV          | 1 400                 | 1 462 | 9,0                 | 8,0                      | 4,0                         | 87,6                                            |
|             | 1 600                 | 1 666 |                     |                          |                             | 100,1                                           |
|             | 1 800                 | 1 875 |                     |                          |                             | 112,5                                           |
|             | 2 000                 | 2 082 |                     |                          |                             | 125,0                                           |
| V           | 2 200                 | 2 250 | 12,0                | 10,0                     | 5,0                         | 183,5                                           |
|             | 2 400                 | 2 496 |                     |                          |                             | 200,0                                           |
|             | 2 600                 | 2 702 |                     |                          |                             | 216,6                                           |

\* De conformidad con las norma ISO 6 708 y NB 645

<sup>3</sup> Peso calculado en función del espesor normal y diámetro interior equivalente al valor del diámetro nominal, tomando como peso volumétrico 2 200 kg/m<sup>3</sup>

<sup>4</sup> El valor mínimo de 1,5 mm se puede considerar suficiente, según la literatura técnica, para garantizar la protección de las tuberías contra la corrosión.



**Figura 1 - Espesor de capa del revestimiento con mortero de cemento**

### **5.2.3 Aspecto del revestimiento**

Se someterá cada tubería a un control de aspecto del revestimiento, en consideración, fundamentalmente, al estado de superficie y el acabado de los extremos.

Las reparaciones cuya necesidad pudiese ponerse de manifiesto con motivo de este examen, se deben ejecutar por aplicación del método establecido (véase 6.3).

## **6 BIBLIOGRAFÍA**

International Organization for Standardization - ISO.

|          |                                                                                                                                             |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ISO 1000 | SI Units and Recommendations for the Use Their Multiples and of Certain Other Units.                                                        |
| ISO 2531 | Tubos, empalmes y accesorios de fundición dúctil para canalizaciones con presión.                                                           |
| ISO 4179 | Tubos de fundición dúctil - Revestimiento interno con mortero de cemento centrifugado – Prescripciones generales                            |
| ISO 6600 | Tubos de fundición dúctil - Revestimiento interno con mortero de cemento centrifugado - Control de composición del mortero recién aplicado. |
| ISO 7186 | Tubos y accesorios de fundición dúctil para canalizaciones sin presión                                                                      |
| ISO 6708 | Elementos de tuberías - Definición del diámetro nominal                                                                                     |

## **IBNORCA: Instituto Boliviano de Normalización y Calidad**

IBNORCA creado por Decreto Supremo N° 23489 de fecha 1993-04-29 y ratificado como parte componente del Sistema Boliviano de la Calidad (SNMAC) por Decreto Supremo N°24498 de fecha 1997-02-17, es la Organización Nacional de Normalización responsable del estudio y la elaboración de Normas Bolivianas.

Representa a Bolivia ante los organismos Subregionales, Regionales e Internacionales de Normalización, siendo actualmente miembro activo del Comité Andino de Normalización CAN, de la Asociación MERCOSUR de Normalización AMN, miembro pleno de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas COPANT, miembro de la International Electrotechnical Commission IEC y miembro correspondiente de la International Organization for Standardization ISO.

### **Revisión**

Esta norma está sujeta a ser revisada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

### **Características de aplicación de Normas Bolivianas**

Como las normas técnicas se constituyen en instrumentos de ordenamiento tecnológico, orientadas a aplicar criterios de calidad, su utilización es un compromiso concienzudo y de responsabilidad del sector productivo y de exigencia del sector consumidor.

### **Información sobre Normas Técnicas**

IBNORCA, cuenta con un Centro de Información y Documentación que pone a disposición de los interesados Normas Internacionales, Regionales, Nacionales y de otros países.

### **Derecho de Propiedad**

IBNORCA tiene derecho de propiedad de todas sus publicaciones, en consecuencia la reproducción total o parcial de las Normas Bolivianas está completamente prohibida.