

The page features a decorative graphic consisting of several overlapping blue circles of varying sizes and shades, arranged in a diagonal line from the top right towards the bottom right. Thin blue lines also intersect to form a triangular shape on the right side of the page.

PRUEBAS DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA DE TUBERÍAS DE AGUA POTABLE

El objetivo de este artículo es exponer los resultados de la revisión bibliográfica que realizó el autor para llegar a sus propias conclusiones sobre el tema de las pruebas de presión hidrostática a que deben ser sometidas las tuberías de agua potable para su recepción conforme, que luego pudieran servir de orientación para futuros proyectos.

**AUTOR: MSc Ing. Sergio Tercero Talavera
AÑO 2011, REV. JUNIO 2012.**

PRUEBAS DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA DE TUBERÍAS DE AGUA POTABLE

Por MsC Ing. Sergio Tercero Talavera

Navidad de 2011

Rev. Junio 2012

1 ANTECEDENTES

Tradicionalmente en Nicaragua, en la experiencia acumulada por varios años en la preparación de especificaciones técnicas y la construcción de líneas y redes de agua potable, hemos manejado el concepto de que las tuberías de agua potable deben ser probadas a una presión hidrostática equivalente a 1.5 veces la presión de trabajo durante 1 ó 2 horas, con el objetivo de verificar la calidad del trabajo ejecutado. Sin embargo, recientemente se ha comprobado que no siempre se ha seguido esta normativa.

En las especificaciones técnicas de licitaciones publicadas, capítulo de Prueba hidrostática, se encontró la siguiente especificación:

“La presión de prueba será de 15 bar (218 psi), para una presión nominal de 10 bar correspondiente a tuberías de PVC SDR26. Para tubería de PVC SDR17 la presión de prueba será de 21 bar (305 psi). La presión de prueba será aplicada durante 12 horas, después de las cuales debe tenerse una disminución máxima de presión de 0.20 bar.”

Esta especificación fuera del patrón usual y el cuestionamiento producido motivaron al autor a investigar un poco el tema de las pruebas de presión hidrostática para tener un soporte válido en dicha especificación.

2 OBJETIVO DE ESTE ARTÍCULO

El objetivo de este artículo es exponer los resultados de la revisión bibliográfica que realizó el autor para llegar a sus propias conclusiones sobre este tema, que pudieran servir de orientación para futuros proyectos.

El trabajo se limita a la revisión de las diferentes especificaciones de presión y duración de las pruebas de presión hidrostática a que son sometidas las tuberías de agua potable una vez que ha terminado su instalación enterrada. Por lo tanto, no se aborda el tema de las fugas permisibles, entre otros, que tiene una marcada importancia en la recepción de obras.

3 REVISIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS UTILIZADAS POR ENACAL EN LAS LICITACIONES DE OBRAS DE AGUA POTABLE EN EL PERÍODO 2002 – 2010.

En la Tabla N°1 anexa se aprecia que en los documentos de licitación publicados para la construcción de obras de agua potable en Nicaragua en el período 2002-2010, a los que se tuvo acceso (no significa necesariamente que sean todos los publicados) en las pruebas de presión hidrostática ha prevalecido la normativa de prueba de 1.5 veces la presión estimada de trabajo sostenida durante una (1) hora, con una presión mínima de 150 psi, lo que es apreciable en los períodos del 2002 al 2005 y del 2009 al 2010; sin embargo en los proyectos licitados en el período de 2005-2006 la presión de prueba para tuberías PVC SDR26 Y SDR17 fue establecida en 218 y 305 psi, respectivamente, con una duración de prueba de 12 horas, sin tener una aparente explicación; tanto así que el autor llegó a considerar que se trataba de un error de digitación, sobre todo en lo que a la duración de la prueba se refiere.

TABLA No.1 - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PRUEBAS DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA UTILIZADAS EN LICITACIONES DE ENACAL DURANTE EL PERÍODO 2002 - 2010

Nº	LICITACIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	ESPECIFICACIÓN PRUEBA HIDROSTÁTICA				
				REFERENCIA EN EL DDL	PRESIÓN DE PRUEBA VS PRESIÓN DE TRABAJO	PRESIÓN MÍNIMA		TIEMPO HORAS
						PSI	BAR	
1	LIC 044-2002	CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE AP Y AS EN 10 BARRIOS DE MANAGUA	2002	2.1.8	1.5 veces la presión de trabajo estimada	150		1
2	LXR 039-2003	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE MUHAN	2003	1.2.8	IDEM	150		1
3	LP 017-2004	LOS ALPES N°2	2004		IDEM	150		1
4	LXR -014-2005	SISTEMA DE AGUA POTABLE JOCOTE DULCE - LAS VIUDAS	2005	8	IDEM	150		1
5	LP 012-2005	EXPANSION PROJECT OF WATER SUPPLY SYSTEM IN JUIGALPA CITY	2005	Hydrostatic test PVC SDR 26	NO SE INDICA	218	15	12
				Hydrostatic test PVC SDR 27		305	21	12
6	LP 014-2005	OBRAS AP TAMARINDO, MIRAMAR, LA FLOR	2005	8	1.5 veces la presión de trabajo estimada	150		1
7	PRRAC EuropaAid / 120330/ C/W/NI	PROMAPER - CIUDAD SANDINO	2005	VOL3, VI.2.5.7.3	80% de la presión máxima calculada	Presión de trabajo calculada		NO ESPECIFICA
8	LP 006-2006	MEJORA Y AMPLIACIÓN SISTEMAS AP Y AS BOACO	2006	Tubería SDR26	NO SE INDICA	218	15	12
				Tubería SDR17		305	21	12
9	LP 007-2006	MEJORA Y AMPLIACIÓN SISTEMAS AP Y AS SAN JUAN DEL SUR	2006	Tubería SDR26	NO SE EXPLICITA	218	15	12
				Tubería SDR17		305	21	12
10		OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES DEL ACUEDUCTO Y CONSTRUCCIÓN DE AS DIRIÁ DIRIOMO	2006	Tubería SDR26	NO SE INDICA	218	15	12
				Tubería SDR17		305	21	12
11	LP 009-2009	INSTALACIÓN DE TUBERÍA RED DE DISTRIBUCIÓN AP JUIGALPA	2009	3.2.4.1 - Tubería PVC Cédula 40, D-1784	1.5 veces la presión de trabajo estimada	160		1
12	LPI 025-2009	OBRAS DE AP TELICA, EL SAUCE, SOMOTILLO Y VILLANUEVA	2009	4.1.8	IDEM	150		1
13	LPI 009-2010	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE AP Y AS EN 27 BARRIOS DE MANAGUA - PRASMA	2010	3.1.8 e)	IDEM	150		1

4 REVISIÓN DE LA NORMATIVA NICARAGÜENSE

En 1970, la **Empresa Aguadora de Managua (EAM)** publicó el **Manual de Normas Técnicas**. El literal N. Prueba de Tubería de dichas normas establecía que: **“Después de instalada y antes de rellenar la zanja, la tubería se someterá a una prueba de presión hidrostática, equivalente a una vez y media la presión estimada de trabajo, no siendo inferior en ningún caso a 130 psi¹, y en tramos de 500 metros; y aunque en casos especiales puedan probarse secciones mayores. Esta presión de prueba deberá mantenerse durante no menos de una hora.”**

Actualmente, en Nicaragua se cuenta con dos fuentes de información relacionadas a las tuberías de agua potable: la **NORMA NIC-2000 - ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS, CALLES Y PUENTES**, publicada por el **MINISTERIO DE CONSTRUCCIÓN E INFRAESTRUCTURA (MTI)** y la **NTON 09003-99 – NORMAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE ABASTECIMIENTO Y POTABILIZACIÓN DEL AGUA**, publicada por el **INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS (INAA)**.

La **Norma NIC-2000** (nótese la semejanza con la Norma de la EAM publicada en 1970) establece en la Sección 705 – Sistema de Agua Potable y Obras Conexas, Artículo 705.06 – Prueba y Desinfección de Tubería – que: **“... La tubería debe probarse a una presión hidrostática de no menos de una y media veces la presión estimada de trabajo y no deberá ser inferior, en ningún caso, a 0.9 MPa, y se mantendrá esta presión durante no menos de una hora.”**

La **Norma NTON 09003-99** no aborda el tema de las pruebas de presión hidrostática, por cuando trata únicamente del diseño de sistemas de agua potable, dejando a un lado el tema de la construcción.

5 REVISIÓN DE LA NORMATIVA INTERNACIONAL

Se ha procurado acudir a las fuentes más reconocidas en nuestro medio a través de la internet y de manuales de fabricantes y de organismos reguladores como la AWWA, ASTM, ASME, ISO, UNE, AyA, ANDA, CEPIS, API, CEDEX, AMANCO, DURMAN ESQUIVEL, entre otros, cuyos resultados se exponen a continuación:

AWWA - La American Waterworks Association (AWWA) - Norma AWWA C605-94² (Sección 7.3, Tabla 2) – AWWA STANDARD FOR UNDERGROUND INSTALLATION OF POLYVINYL CHLORIDE (PVC) PRESSURE PIPE AND FITTINGS FOR WATER (Instalación Enterrada de Tuberías y Accesorios de PVC para Agua Potable a Presión), establece que si la prueba de presión y de fugas se efectúan simultáneamente, tal es el caso acostumbrado en Nicaragua, **la presión de prueba debe ser el 150% de la presión de**

¹ Igual a 0.9 MPa.

² Los 2 últimos números corresponden al año de creación o de revisión de la Norma.

trabajo en el punto de la prueba; pero no menos que el 125% de la presión normal de trabajo en el punto más alto, con una duración de la prueba de 2 horas. Asimismo, establece que **la presión de trabajo está definida como la presión máxima de operación sostenida esperada y en ningún caso se debe permitir que la presión de prueba exceda la presión de diseño de la tubería.**

ASTM - La American Society For Testing Materials (ASTM) tiene 2 normas relacionadas al tema de esta investigación. Ellas son:

ASTM D 2774-08 PRACTICE FOR UNDERGROUND INSTALLATION OF THERMOPLASTIC PRESSURE PIPING

Arto. 11.2 - La Norma ASTM D2274-08 establece que en ausencia de regulaciones locales, debe presurizarse la tubería a 150% de la presión de operación de diseño del sistema; pero no menos de 15 psig y sin exceder la presión de clase de la tubería y debe ser medida en el punto más bajo del tramo de prueba. No define la duración de la prueba.

ASTM F0645-04 GUIDE FOR SELECTION, DESIGN AND INSTALLATION OF THERMOPLASTIC WATER-PRESSURE PIPING SYSTEMS

Esta Norma agrega las Cédulas 40 y 80 a la ya conocida serie SDR en el ámbito nacional.

Arto. 5.1 - Sobre la presión de clasificación recomendada agrega que ella está basada en consideraciones normales de operación, razonables procedimientos de instalación, buen manejo, buena mano de obra, temperatura de operación debajo de 27°C y picos probables de encontrar a velocidades de 5 pps (1.5 m/seg).

Arto. 5.2 - La presión total en el sistema (operación más picos o golpe de ariete) en ningún momento debe exceder el 150% de la presión de clasificación del sistema.

Arto. 5.3 - La presión máxima de clasificación permite cierto incremento de presión por picos y golpe de ariete; pero si se considera probable que se vayan a producir picos y golpes de ariete excesivos, deben proveerse mayores márgenes de capacidad y de protección de la tubería.

Arto. 15.2 Igual al Arto. 11.2 de la Norma ASTM D2774-08 descrito más arriba.

ASME - La Norma B.31.4 de la American Society of Mechanical Engineers (ASME) establece que: **“toda porción de un sistema entubado que será operado a una presión superior al 20% del esfuerzo de fluencia mínimo especificado (SMYS) de la tubería debe ser sometido a una presión de estanqueidad hidrostática equivalente al 125% de la presión interna de diseño en cualquiera de sus puntos durante al menos 4 horas.”**

La norma B.31.3 Sección 345, especifica que las tuberías a presión enterradas para conducción de gas y petróleo deben ser probadas al menos al 125% de la presión de operación máxima en cualquier punto de toda su longitud.

API - La American Petroleum Institute (API), Norma 1110, aplica la norma ASME B.31.4.

ISO – La International Standardization Organization (ISO)

http://www.iso.org/iso/iso_catalogue.htm No se tuvo acceso a la información detallada de la **Norma ISO 11298-1:2010. Plastics piping systems for renovation of underground water supply networks -- Part 1: General**. Esta norma especifica los requerimientos y métodos de prueba para los sistemas de tuberías plásticas para ser usadas en la renovación de redes de agua potable enterradas, que transportan agua para el consumo humano. Es aplicable a las tuberías y accesorios, tanto de manufactura como en sistemas instalados.

CEPIS - El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) en el documento **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LÍNEAS DE CONDUCCIÓN E IMPULSIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA RURAL, LIMA 2004**, establece que la prueba de presión debe ser en dos etapas: a zanja abierta y a zanja tapada. En la zanja abierta, la presión de prueba debe ser 1.5 veces la presión nominal de la tubería por un período mínimo de 2 horas; mientras que la presión a zanja tapada, con todos los tramos de prueba unidos entre sí, la presión de prueba será la presión nominal de la tubería durante 1 hora. La presión nominal la define como la presión interna de identificación del tubo. <http://www.cepis.ops-oms.org/>

NORMA CHILENA NCh1360.Of84³

La Norma Chilena NCh1360.Of84 especifica la Presión de Prueba (Pp) en función de la Presión Nominal (Pn) para dos rangos::

$$P_n \leq 1 \text{ MPa} \quad P_p = 1.5 P_n$$

$$P_n > 1 \text{ Mpa} \quad P_p = P_n + 0.5 \text{ MPa, donde:}$$

Pn = Presión nominal de la tubería especificada por el fabricante como presión máxima de trabajo.

Pp = Presión de prueba.

Duración de la prueba, según el diámetro (D), aplicable para tuberías de acero soldado y hierro fundido:

$$D \leq 200 \text{ mm}$$

$$T = 3 \text{ horas}$$

³ Reimpresión del año 2000.

250 mm ≤ D ≤ 400 mm T = 6 horas

D > 400 mm T = 12 horas

Para tuberías de asbesto cemento, T = 24 horas.

Esta versión de la Norma NCh1360.Of84 no especifica la Presión de Prueba para tuberías plásticas.

NORMA CHILENA NCh1360.cR2009 – Proyecto de Norma. La Consulta pública terminó el 2009.03.13 y el Comité Técnico terminó su evaluación.

En esta versión de la Norma NCh1360 sale de la normatividad la tubería de asbesto cemento y entra la tubería plástica. Según esta norma, la prueba se realiza en 2 etapas:

El ensayo de presión inicial se realiza por tramos.

6.3.2 Las tuberías llenas de agua, son sometidas a una presión de ensayo, p_e , que depende de la presión nominal de la tubería a ensayar, según se especifica en Tabla 3

Tabla 3 - Presión de ensayo

Presión nominal, PN MPa	Presión de ensayo, p_e MPa
PN ≤ 1	$p_e = 1,5$
PN > 1	$p_e = PN + 0,5$

6.3.3 La duración del ensayo, para las tuberías metálicas y plásticas, depende del diámetro exterior nominal de la tubería. En Tabla 4 se indica la duración del ensayo según el diámetro nominal de la tubería.

Tabla 4 - Duración del ensayo

Diámetro exterior nominal d_n	Tiempo h
$d_n \leq 400$ mm	3
$400 \text{ mm} \leq d_n \leq 700$ mm	12
$d_n > 700$ mm	24

En el ensayo de presión final se mantienen las presiones de la Tabla 3 y se regula la pérdida permisible, con una duración de la prueba de 2 horas para la tubería metálica y de 30 minutos para la tubería plástica.

A y A - El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) establece en el Vol.4, Especificaciones Técnicas Generales, Arto.5.1.1 – Ejecución de la prueba – que: **“Las tuberías se someterán a una prueba de presión hidrostática equivalente a una y media vez la presión de trabajo de la tubería que se pruebe, no siendo inferior, en ningún caso, a 10 kg/cm² (100 metros carga de agua).”**

<http://www.netsalud.sa.cr/>

ARESEP – La Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) de Costa Rica – <http://www.aresep.go.cr/> .- No presenta una norma sobre las pruebas de presión en su portal.

ERSAPS – El Ente Regulador de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento (ERSAPS) de Honduras no tiene información en su portal.
http://www.gob.hn/portal/poder_ejecutivo/desconcentrados/ersaps/

ANDA - La Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados de El Salvador (ANDA) no tiene información en su portal oficial. <http://www.anda.gob.sv/>

IDAAN/ASEP: No se encontró información relativa a las pruebas de presión hidrostática. <http://www.idaan.gob.pa/> ; <http://www.asep.gob.pa/>

SANAA - El Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA) de Honduras utilizó en una licitación reciente de rehabilitación de un sistema de agua potable la especificación técnica que dice así: **“Después de que la tubería haya sido instalada y parcialmente llenada y con las juntas descubiertas, deberá someterse a la prueba de presión hidrostática, (que) consiste en la aplicación, por 30 minutos como mínimo, de una presión del 50% de la presión de trabajo del material de la tubería instalada (mediante una bomba conectada a la tubería).”** <http://www.sanaa.hn/>

CRA – La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico de la República de Colombia (CRA), en su Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS 2000. B.7.8.2, dice: “Una vez finalizada la instalación de las tuberías de la red de distribución, debe llevarse a cabo una prueba de estanqueidad de ésta. La prueba consiste en aplicar por medio de una bomba de émbolo, provista de un manómetro, la presión hidrostática máxima de trabajo de la tubería y medir los escapes en el sector considerado como por medio de un medidor instalado para tal fin.” <http://www.cra.gov.co/>

ECOPETROL - La norma NIO-0609 establece que **“La presión de prueba hidrostática en cualquier punto de la tubería no debe ser inferior al 125% de la presión de operación en cualquier punto, sin exceder el valor de presión de prueba hidrostática máxima indicado en el PIPING CLASS VIT.”** <http://www.erosion.com.co/dmdocuments/323-nio0609.pdf>

AMANCO - El Manual Técnico de AMANCO recomienda mantener una presión de 150 PSI durante 2 horas. No toma en cuenta la presión de diseño de la tubería.

DURMAN ESQUIVEL - El Manual Técnico General de DURMAN ESQUIVEL establece que: “En una línea debidamente diseñada, las sobrepresiones pueden mantenerse a niveles mínimos con el empleo de válvulas de alivio, válvulas de llenado/cerrado lento y otros controles. Un exceso de 3.5 kg/cm² (50 psi) sobre la presión de operación de diseño usualmente es suficiente para la prueba de presión, pero en ningún caso esta presión debe exceder la presión de trabajo de la tubería y/o de los accesorios conectados a ella, la que sea menor.”

CEDEX – ESPAÑA = UNE – EN 805 (NORMA EUROPEA) <http://www.cedex.es/>

La presión de prueba (STP) se calcula a partir de la presión máxima de diseño (MDP), de forma que, dependiendo de que el golpe de ariete se haya calculado en detalle, o únicamente se haya estimado, el valor de STP será (todos los valores en N/mm²):

a) Golpe de ariete calculado en detalle:

$$STP = MDP + 0,1$$

b) Golpe de ariete estimado: El menor valor de:

$$STP = MDP + 0,5$$

$$STP = 1,5 \times MDP$$

Una vez superada la etapa preliminar, la presión hidráulica interior se aumenta de nuevo de forma constante y gradual hasta alcanzar el valor de STP, de forma que el incremento de presión no supere 0,1 N/mm² por minuto. Una vez alcanzado dicho valor, se desconecta el sistema de bombeo, no admitiéndose la entrada de agua durante, al menos, una hora. Al final de este periodo al medir mediante manómetro el descenso de presión habido durante dicho intervalo, éste debe ser inferior a los siguientes valores:

La presión máxima de diseño (MDP) es la presión máxima de funcionamiento de la red o de la zona de presión, fijada por el proyectista, considerando futuras ampliaciones e incluyendo golpe de ariete.

6 RESUMEN DE LA REVISIÓN DE LA NORMATIVA SOBRE LAS PRUEBAS DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA (VER TABLA N^o2).

6.1 PRESIÓN DE LAS PRUEBAS HIDROSTÁTICAS

En relación a las presiones de prueba de las tuberías, la revisión de la normativa nacional e internacional, sin ser exhaustiva, muestra lo siguiente:

1. La norma del MTI establece que la presión de prueba debe ser igual a 1.5 veces la presión estimada de trabajo, lo cual es coincidente con la norma del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarilados (AyA), aunque ambas difieren en el límite mínimo de presión que el MTI lo fija en 0.9 MPa (91.77 m.c.a.) mientras que AyA lo fija en 100 m.c.a. (0.98 MPa).
2. La norma NIC-2000 del MTI es la misma norma que fue publicada 30 años atrás por la EAM en el año 1970.

TABLA No.2 - RESUMEN DE ESPECIFICACIONES DE PRESIÓN Y DURACIÓN DE LAS PRUEBAS HIDROSTÁTICAS DE PRESIÓN							
Nº	SIGLAS	ORGANISMO NOMBRE	NORMA	AÑO	TIPO DE TUBERÍAS	PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA	
						PRESIÓN DE PRUEBA	DURACIÓN HORAS
1	MTI	MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA	NIC 2000	2000	NO ESPECIFICA	No menos de una y media veces la presión estimada de trabajo y no deberá ser inferior, en ningún caso, a 0.9 MPa (130.5 psi).	≥ 1 HORA
2	INAA	INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS	NTON 0900399	1999	NO ESPECIFICA	NO ESPECIFICA	NO ESPECIFICA
3	AWWA	AMERICAN WATERWORKS ASSOCIATION	C 600	1993	TUBERÍA DE HIERRO FUNDIDO DÚCTIL	La presión de prueba no debe ser menor que 1.25 veces la presión de trabajo en el punto más alto de la sección de prueba, ni debe exceder la presión de diseño de los tubos.	≥ 2 HORAS
4	AWWA	AMERICAN WATERWORKS ASSOCIATION	C 603	1996	TUBERÍA DE ASBESTO CEMENTO	La presión de prueba para las tuberías de redes de distribución debe ser el doble de la presión de operación en el punto más bajo del sistema o debe ser la presión indicada por la Clase de la tubería más 50 psi, el que sea menor.	≥ 2 HORAS
						Para las tuberías de transmisión, la presión de prueba debe ser igual a la presión de operación más 50 psi, sin exceder la presión de diseño (presión de operación más golpe de ariete).	≥ 2 HORAS
5	AWWA	AMERICAN WATERWORKS ASSOCIATION	C 605	1994	TUBERÍA DE PVC	150% de la presión de trabajo sostenida máxima anticipada en el punto de la prueba; pero no menos que el 125% de la presión de trabajo normal en el punto más alto de la sección de prueba. En ningún caso se debe exceder la presión de diseño de los tubos.	≥ 2 HORAS
6	ASTM	AMERICAN STANDARDS FOR TESTING MATERIALS	D2774-08	1994	TUBERÍAS TERMOPLÁSTICAS A PRESIÓN	En ausencia de regulaciones locales, debe presurizarse la tubería a 150% de la presión de operación de diseño del sistema; pero no menos de 15 psig ni en exceso de la presión de clase de la tubería y debe ser medida en el punto más bajo del tramo de prueba.	NO DEFINE LA DURACION DE LA PRUEBA
7	ASTM	AMERICAN STANDARDS FOR TESTING MATERIALS	F0645-04	2004	TUBERÍAS TERMOPLÁSTICAS A PRESIÓN	En ausencia de regulaciones locales, debe presurizarse la tubería a 150% de la presión de operación de diseño del sistema; pero no menos de 15 psig ni en exceso de la presión de clase de la tubería y debe ser medida en el punto más bajo del tramo de prueba.	NO DEFINE LA DURACION DE LA PRUEBA
8	ASME	AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS	B.31.4		TUBERÍA ACERO	125% de la presión interna de diseño en cualquiera de los puntos del sistema de tuberías	≥ 4 HORAS
9	API	AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE	AP 1110	1197	TUBERÍA ACERO	De acuerdo a la norma ASME B.31.4	DE ACUERDO A LA NORMA ASME B31.4
10	CEPIS	CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE		2004	TODAS LAS TUBERÍAS	La prueba de presión debe ser realizada en 2 etapas: 1) En la zanja abierta, la presión de prueba debe ser 1.5 veces la presión nominal de la tubería	2 HORAS
						2) La presión a zanja tapada, con todos los tramos de prueba unidos entre sí, la presión de prueba será la presión nominal de la tubería. La presión nominal la define como la presión interna de identificación del tubo.	1 HORA
11		NORMA CHILENA	NCh1360.Of84	1984	TUBERÍAS ACERO SOLDADO Y HIERRO FUNDIDO	Según la Presión nominal de la tubería: $P_n \leq 1 \text{ MPa}$ $P_p = 1.5 P_n$ $P_n > 1 \text{ MPa}$ $P_p = P_n + 0.5 \text{ MPa}$	D ≤ 200 mm: T = 3 HORAS; 250 mm ≤ D ≤ 400 mm: T = 6 HORAS; D > 400 mm: T = 12 HORAS
						ASBESTO CEMENTO	IDEM
12		NORMA CHILENA	NCh1360.cR2009	2009	TUBERÍA METÁLICA Y PLÁSTICA	La prueba de presión debe ser realizada en 2 etapas: 1) El ensayo de presión inicial se realiza por tramos, con la presión de prueba de acuerdo a lo establecido en la NCh1360.Of84	D ≤ 400 mm: T = 3 HORAS; 400 mm ≤ D ≤ 700 mm: T = 12 HORAS; D > 700 mm: T = 24 HORAS
						2) El ensayo de presión final se realiza con todos los tramos unidos, manteniendo la misma presión de prueba.	2 HORAS PARA LA TUBERÍA METÁLICA Y 30 MIN. PARA LA TUBERÍA PLÁSTICA
13	CEDEX	NORMA ESPAÑOLA - EUROPEA	UNE - EN 805	2000		La presión de prueba (STP) se calcula en función de la Presión Máxima de Diseño (MDP) y del golpe de ariete calculado o estimado: Golpe de ariete calculado en detalle: $STP = MDP + 0,1 (N/mm^2)$ Golpe de ariete estimado, el menor valor de: $STP = MDP + 0,5 (N/mm^2)$ $STP = 1,5 X MDP$. La Presión Máxima de Diseño (MDP) es la presión máxima de funcionamiento de la red o de la zona de presión, fijada por el proyectista, considerando futuras ampliaciones y el golpe de ariete.	≥ 1 HORA
14	AyA	INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS	Art.5.1 - Pruebas de presión - Vol.4 Especificaciones Técnicas Generales	SIN FECHA	TODAS LAS TUBERÍAS	Una y media vez la presión de trabajo de la tubería que se pruebe, y no menor a 100 m.c.a. (142.23 psi)	1 HORA
15	ANDA	ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS				NO TIENE NORMATIVA PÚBLICA EN SU PORTAL	SIN INFORMACIÓN
16	AMANCO	FABRICANTE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	Cap.7 Manual Técnico Tubosistemas	SIN FECHA	TUBERÍAS PLÁSTICAS	Aumento de la presión hasta 1,5 veces la presión de diseño de la tubería, pero no menor a 15 psi ni superior a la presión de trabajo de la clase de la tubería	2 HORAS
17	ECOPETROL	EMPRESA COLOMBIANA DE PETRÓLEOS	NIO-0609	SIN INFORMACIÓN	SIN INFORMACIÓN	La presión de prueba hidrostática en cualquier punto de la tubería no debe ser inferior al 125% de la presión de operación en cualquier punto, sin exceder el valor de presión de prueba hidrostática máxima indicado en el PIPING CLASS VIT	SIN INFORMACIÓN

3. Las presiones de prueba siempre están relacionadas a la presión de trabajo estimada máxima (con golpe de ariete). Se exceptúan las recomendaciones del CEPIS y la Norma Chilena NCh1360, que fijan la presión de prueba a un valor superior que la presión nominal de diseño de la tubería seleccionada.
4. El factor de relación de presiones de prueba y de diseño utilizado en la generalidad de las normativas es de 1,5, exceptuándose la Norma ASME B.34.1 para las tuberías metálicas, que es de 1.25.
5. El límite máximo de la presión de prueba es la presión de diseño correspondiente a la Clase⁴ de los tubos (presión nominal) instalados.

6.2 DURACIÓN DE LAS PRUEBAS DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA

1. En la gran mayoría de las normativas revisadas, la duración de las pruebas se ha fijado entre 1 y 2 horas.
2. Sólo la NCh1360 fija la duración de la prueba en función del diámetro de la tubería, variando desde 3 horas para $D \leq 400$ mm, 12 horas para $400 \text{ mm} \leq D \leq 700$ mm hasta llegar a 24 horas para $D \geq 700$ mm.

7 COMPARACIÓN DE LA NORMATIVA APLICADA Y LA NORMATIVA DISPONIBLE

7.1 NORMAS APLICADAS EN NICARAGUA

Luego de una confrontación de las especificaciones utilizadas en Nicaragua en las licitaciones publicadas en la última década vs la normativa vigente, nacional e internacional, a las que se tuvo acceso, se extraen las siguientes observaciones:

1. En Nicaragua se han aplicado dos normas para las pruebas de presión hidrostática de tuberías de agua potable:
 - La primera es una norma muy parecida a la norma del MTI, que concuerda bastante con la especificación de AyA para sus proyectos de agua potable, con la diferencia en la presión mínima, que ENACAL la ha fijado en 150 psi, el MTI en 0.9 MPa (130.5 psi) y el AyA la fija en 100 m.c.a. (142.23 psi).
 - La segunda norma, aunque está expresada en otros términos, implícitamente corresponde a la Norma NCh1360 que tiene dos expresiones, según si la presión nominal es $P_n \leq 1$ MPa o es $P_n > 1$ MPa.

⁴ Según la Norma ASTM 2241 Standard Specification for Poly (Vinyl Chloride) (PVC) Pressure-Rated Pipe (SDR Series), las presiones de diseño (presión de trabajo) de las tuberías SDR 26, 21 y 17 son 160 psi, 200 psi y 250 psi, respectivamente (Ver Tabla X.1.1 - Standard Thermoplastic Pipes Dimension Rates (SDR) and Water Pressure Ratings (PR) at 73°F (23°C) For NonThreaded PVC Plastic Pipe) reproducidas en la Tabla 3.1 del Manual Técnico Tubosistemas de AMANCO).

En este último caso, para deducir la conformidad de la norma aplicada con la Norma Chilena (que es la que parecía más apropiada de verificar), se ha seguido el camino siguiente:

A) TUBERÍA PN10 = SDR26:

$P_n = 10 \text{ Bar} = 1 \text{ MPa}$ \Longrightarrow Utilizar $P_p = 1.5 * P_n$

Comprobación:

$P_p = 1.5 * 10 = 15 \text{ Bar}$ = Valor utilizado en proyectos de ENACAL

Por lo tanto, se ha comprobado que la norma utilizada es la NCh1360.

B) TUBERÍA PN16 = SDR17:

$P_n = 16 \text{ Bar} = 1.6 \text{ MPa} > 1 \text{ MPa}$: \Longrightarrow Utilizar $P_p = P_n + 0.5 \text{ MPa}$

Comprobación:

$P_p = 1.6 \text{ MPa} + 0.5 \text{ MPa} = 2.1 \text{ MPa} = 21 \text{ Bar}$ = Valor utilizado en proyectos de ENACAL.

Por lo tanto, se ha comprobado que la norma utilizada es la NCh1360.

7.2 EQUIVALENCIAS ENTRE LAS TUBERÍAS PN10 y PN16 CON LAS TUBERÍAS SDR26 Y SDR17

Se debe aclarar que las equivalencias entre las tuberías de la serie métrica (PN10 y PN16) y la serie inglesa (SDR26 y SDR17) no son exactas. Así tenemos que la tubería PN10 es diseñada para 10 Bar = 1 MPa = 145 psi, y la Norma Española (UNE – EN -805) la hace equivalente a la Clase SDR26, que según ASTM D2241-05, es diseñada para 160 psi y no para 145 psi, es decir, que la tubería SDR26 tiene una capacidad adicional de 15 psi sobre la tubería PN10. Por otra parte, la tubería PN16, diseñada para 16 Bar de presión (232 psi), según la Norma Española (UNE – EN -805) es equivalente a la Clase SDR 17 (200 psi) para diámetros de 110 mm hasta 1000 mm, que por la Norma ASTM mencionada es diseñada para 200 psi y no 232 psi. En este último caso, la tubería SDR17 tiene 32 psi menos de resistencia a la presión hidrostática que la tubería PN16.

7.3 DIFERENCIAS ENTRE LAS PRESIONES DE TRABAJO ESPECIFICADAS POR LAS NORMAS DE FABRICACIÓN AWWA C900-97 Y ASTM D2241-05.

La investigación desarrollada ha dado lugar a identificar algunas diferencias importantes en las normas de fabricación AWWA C900-97 y ASTM D2241-05, relacionadas al tema de las presiones de trabajo recomendadas por estos dos organismos normadores.

En la Tabla No.3 que sigue se observa, en primer lugar, que la relación de diámetro externo y espesor (RD, SDR) son diferentes en una y otra norma, aunque guardan alguna semejanza.

En segundo lugar, y quizá sea lo más importante, es que aún haciendo iguales el DR14 con SDR13.5, DR18 con SDR17 y DR25 con SDR26, la presión de trabajo recomendada por la ASTM para los tubos SDR17 es muy semejante a la recomendada por la AWWA para los tubos DR18; pero las presiones recomendadas para los tubos SDR13.5 y SDR26 son una vez y media más altas que las recomendadas por la AWWA para los tubos RD14 Y RD25, respectivamente.

En la práctica, esto significa que se debe tener cuidado en la especificación de las tuberías PVC para que el producto adquirido sea el requerido por el proyecto. Si se revisa la Tabla anexa se podrá comprobar que sería un error, por ejemplo, especificar que las tuberías PVC cumplan con la Norma AWWA C900-97 SDR26 o especificar sólo la presión de trabajo de 100 psi, sin mencionar la Norma.

TABLA No.3 - COMPARACIÓN DE NORMAS DE FABRICACIÓN DE TUBERÍAS DE PVC, SEGÚN AWWA Y ASTM							
NORMA DE FABRICACIÓN	DEFINICIÓN PRESIÓN DE TRABAJO	Presión sostenida de 1000 horas, según la especificación de ASTM 2241			Presión de estallido, en 60-70 segundos, según el procedimiento de ASTM D1599		
AWWA C900-97	Presión de Clase ⁵ (CP): Capacidad de diseño designada para la tubería, en libras por pulgada cuadrada (psi) que corresponde con su presión de operación sostenida segura recomendada. Las designaciones de presión de clase incluyen un margen para picos de presión sobre la presión sostenida máxima causados por un cambio instantáneo de velocidad de 2 pps (0.61 m/s).	DR	CP	PRESIÓN DE PRUEBA	DR	CP	PRESIÓN DE ESTALLIDO
			PSI	PSI		PSI	PSI
		14	200	650	14	200	985
		18	250	500	18	250	755
		25	100	350	25	100	535
ASTM D2241-05	Presión de Clasificación ⁶ (PR): La presión de agua máxima estimada que la tubería es capaz de soportar continuamente con un alto grado de certeza de que no ocurrirá la falla de la misma.	SDR	PR	PRESIÓN DE PRUEBA⁷	SDR	PR	PRESIÓN DE ESTALLIDO
			PSI	PSI		PSI	PSI
		13.5	315	670	13.5	315	1000
		17	250	530	17	250	800
		21	200	420	21	200	630
		26	160	340	26	160	500
		32.5	125	270	32.5	125	400
41	100	210	41	100	315		
		64	63	130	64	63	200

⁵ CLASS PRESSURE (CP)

⁶ PRESSURE RATING (PR)

⁷ LA PRESIÓN SOSTENIDA DE PRUEBA ES PARA EL COMPUESTO DE PVC 12545-B EQUIVALENTE AL PVC 1120 (VER MANUALES DE DURMAN ESQUIVEL Y AMANCO) ESPECIFICADO POR AWWA Y ASTM.

8 LA NORMA A APLICAR PARA LAS PRUEBAS DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA

Después de haber despejado la base técnica de las 2 normas aplicadas por ENACAL en las pruebas de presión hidrostática, queda latente la pregunta:

8.1 ¿CUÁL ES LA NORMA QUE DEBE SER UTILIZADA?

Es una pregunta difícil de responder por cuanto no se posee la información suficiente que soporte la corriente del Sur (Chile) o la corriente del Norte (EUA). Es irónico; pero aquí se está repitiendo lo que siempre se ha comentado: que somos el producto de las culturas del Norte y del Sur, pues se ha hecho una amalgama de normas, sin que una haya eliminado a la otra.

Pero en un esfuerzo para tener una respuesta lógica, el autor de esta investigación recomienda continuar utilizando la Norma aplicada mayoritariamente por ENACAL para las pruebas de presión hidrostática de los sistemas de agua potable construidos a lo largo de su historia, con algunas variaciones que han sido introducidas en el camino, a la que habría que agregar el concepto del límite máximo de la presión de prueba. La especificación podría quedar de esta manera:

“La presión de prueba de presión hidrostática debe ser igual al 150% de la presión de trabajo máxima de operación sostenida esperada en el punto más bajo del tramo de prueba, la cual se debe mantener durante un tiempo mínimo de 2 horas y no debe ser menor a 150 psi, ni sobrepasar la presión de diseño recomendada por la Norma de fabricación de la tubería que se prueba.”

8.2 NORMA CHILENA NCh1360

No se recomienda el uso de la Norma Chilena NCh1360, la cual debe discontinuarse, por las siguientes razones:

- A) La Norma Ch1360 establece presiones de prueba superiores a la presión nominal de la tubería, contrario a lo que dictan las normas AWWA y ASTM, que fijan como límite máximo la presión de trabajo de fabricación.
- B) La Norma Ch1360 es demasiado exigente, tanto en las presiones como en los tiempos de prueba, lo cual significa más costos de construcción.
- C) La aplicación de esta norma viola las normas de instalación de tuberías enterradas de PVC AWWA C605 y ASTM D2774, que son recomendadas por los fabricantes de tuberías y accesorios de PVC de la región Centroamericana, de tal forma que desde el punto de vista legal, los fabricantes quedarían exentos de responsabilidad al momento de un reclamo.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. ARCHIVO PERSONAL DE DOCUMENTOS DE LICITACIÓN.
2. MANUAL DE NORMAS TÉCNICAS DE LA EMPRESA AGUADORA DE MANAGUA. 1970.
3. NORMA NIC-2000 - ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS, CALLES Y PUENTES, MTI. 2000.
4. NORMA NTON 09003-99 – NORMAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE ABASTECIMIENTO Y POTABILIZACIÓN DEL AGUA, PUBLICADA POR EL INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS (INAA). 1999.
5. ANSI/AWWA C900-97 AWWA STANDARD FOR POLYVINYL CHLORIDE (PVC) PRESSURE PIPE AND FABRICATED FITTINGS 4 IN. THROUGH 12 IN (100 MM THROUGH 300 MM), FOR WATER DISTRIBUTION.
6. AWWA C605-94 – AWWA STANDARD FOR UNDERGROUND INSTALLATION OF POLYVINYL CHLORIDE (PVC) PRESSURE PIPE AND FITTINGS FOR WATER.
7. ASTM D2241-05. STANDARD SPECIFICATION FOR POLY(VINYL CHLORIDE) (PVC) PRESSURE-RATED PIPE (SDR SERIES).
8. ASTM D 2774-08 PRACTICE FOR UNDERGROUND INSTALLATION OF THERMOPLASTIC PRESSURE PIPING.
9. ASTM F0645-04 GUIDE FOR SELECTION, DESIGN AND INSTALLATION OF THERMOPLASTIC WATER-PRESSURE PIPING SYSTEMS.
10. ASME - B.31.4-2002. PIPELINE TRANSPORTATION SYSTEMS FOR LIQUID HYDROCARBONS AND OTHER LIQUIDS.
11. API – RECOMMENDED PRACTICE 1110-97. PRESSURE TESTING OF LIQUID PETROLEUM PIPELINES.
12. CEPIS - EL CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (CEPIS) EN EL DOCUMENTO ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LÍNEAS DE CONDUCCIÓN E IMPULSIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA RURAL, LIMA 2004.
13. NORMA CHILENA NCH1360.OF84. TUBERÍAS DE ACERO, FIERRO FUNDIDO Y ASBESTO CEMENTO PARA CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE. PRUEBAS EN OBRA.
14. AYA.- INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS. VOL.4, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES.
15. SANAA – PROSAGUA-001-2011. REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE VICTORIA, DEPARTAMENTO DE YORO.
16. REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. RAS 2000. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA (CRA).
17. ECOPETROL. NORMA NIO-0609 – NORMAS DE INGENIERÍA DE OLEDUCTOS, PRUEBA HIDROSTÁTICA. 1997.
18. AMANCO.- MANUAL TÉCNICO TUBOSISTEMAS.

19. DURMAN ESQUIVEL. MANUAL TÉCNICO GENERAL.
20. NORMA UNE-EN-805.- DICIEMBRE 2000.- ABASTECIMIENTO DE AGUA – ESPECIFICACIONES PARA REDES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS Y SUS COMPONENTES.