

ACERCA DE LAS PRUEBAS DE PRESION INTERIOR Y DE ESTANQUEIDAD EN TUBERIAS DE FIBROCEMENTO INSTALADAS EN ZANJA

José Luis Sánchez López*
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

El cumplimiento por parte de las tuberías de fibrocemento de las pruebas de presión interior y de estanqueidad, recogidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Abastecimiento de Agua, no implica siempre la bondad de su comportamiento posterior. En las líneas que siguen se analizan algunos factores que pueden influir en dicho comportamiento y se acaba proponiendo ciertas correcciones a incluir en una nueva redacción del Cap. XI del citado Pliego.

The fact that asbestos cement pipelines fulfill the internal pressure tests stated in the "Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Abastecimiento de Agua", does not always imply the suitability of its later behaviour. In the following lines some of the factores affecting this behaviour are analysed and several corrections that could be included in a new edition of the "Pliego" mentioned above, in chapter XI, will be proposed.

1. Introducción

En el vigente Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Abastecimiento de Agua se considera que una tubería instalada en la zanja ha respondido correctamente a la prueba de presión interior, cuando al final de la misma, la reducción de presión no excede de

$$\sqrt{P_p/5}$$

siendo P_p el valor en Kg/cm². de la presión de prueba.

*Director Adjunto Jefe Explotación Mancomunidad de los Canales de Taibilla.
Recibido en ROP: febrero 1993

La ocurrencia de comportamientos anómalos en conducciones cuyas pruebas fueron totalmente correctas ha hecho que no sea raro el que algunos técnicos relacionados con instalaciones hidráulicas busquen y, consecuentemente, apliquen criterios más restrictivos a la hora de valorar los resultados de las pruebas. Estos nuevos criterios pueden variar desde no aceptar dispersiones notables en los resultados (independientemente de la cuantificación de lo que sea fuerte dispersión) hasta fijar un descenso máximo de la presión (numérico) más allá del cual no se acepte la prueba. Puede argumentarse, y con razón, que el criterio fijado por el Pliego es más lógico y racional que los citados, pero la escasa fiabilidad en la bondad garantizada por el mismo lleva a confiar en lo que es más caprichoso. Debe tenerse presente que la aplicación de estos criterios alternativos va acompañada con mayor frecuencia con el correcto

comportamiento posterior de la conducción probada.

Estas experiencias llevaron al autor de estas líneas a acercarse al pliego no con el espíritu del fiel cumplidor de la norma, sino con el afán crítico del que busca en ella errores u omisiones capaces de explicar su escasa utilidad o, cuando menos, su discrepancia con la realidad.

En las líneas que siguen se analizan diferentes factores que pueden influir en las pruebas recogidas en el Cap.XI del Pliego, se estudia su relación con algunos de los criterios expuestos más arriba de aceptación o rechazo de prueba y se acaba realizando una crítica de los mismos para concluir con la propuesta de determinadas correcciones a realizar en una futura nueva redacción del Pliego.

2. Factores a considerar en las pruebas de presión interior y de estanqueidad

Todo el Cap. XI del Pliego se dedica a las pruebas de presión interior y de estanqueidad de la tubería colocada en la zanja. Los criterios fijados para considerar como aceptables estas pruebas son reducción de la presión limitada en la primera y pérdida menor que una fijada en la segunda. En definitiva una y otra prueba acaban reflejando su corrección a través del agua perdida en la misma. Resulta por tanto necesario analizar los factores que pueden influir en la pérdida producida, comenzando por prestar la debida atención a la semántica, de la que el Pliego parece haber hecho tabla rasa, a diferencia de la ISO 4483 que cuida exquisitamente el lenguaje empleado. Más adelante ahondaremos en estos comentarios. Pero ahora es totalmente imprescindible hacer resaltar una hipótesis de partida en cualquier prueba de una tubería instalada en zanja: Entendiendo por pérdida la salida no deseada de agua de la tubería, la pérdida en cualquier prueba debe ser nula. Pueden producirse movimientos en el agua, deformaciones de los diferentes elementos de la tubería, comportamientos anómalos de la estructura que es el tubo etc., pero nunca pérdidas en la acepción reseñada del vocablo. Aclarada esta idea básica pueden considerarse como factores fundamentales los siguientes:

a) Absorción por parte del fibrocemento constituyente del tubo de una determinada cantidad

de agua. El estudio de la absorción ha de realizarse mediante los ensayos y pruebas correspondientes. Los resultados aquí recogidos indican claramente que constituye parte sustancial y principal del agua a cuantificar en las reglamentaciones y a controlar posteriormente en las pruebas, pero siempre con el carácter de agua absorbida, nunca como pérdida.

b) Deformación de elementos auxiliares en la tubería. Aquí cabe incluir de forma principal las juntas de unión de los tubos, en particular de las gomas empleadas en determinados tipos de juntas. Estas deformaciones ocurren rápidamente, de forma tal que al iniciarse el tiempo de medición de la pérdida puede considerarse totalmente alcanzada la deformación definitiva. O dicho de otra forma puede aceptarse que su módulo de elasticidad ha experimentado el correspondiente aumento y se ha aproximado al del fibrocemento lo suficiente como para considerar el aro de goma formando parte del tubo.

c) Compresión del agua. Dado lo reducido del módulo de elasticidad del agua frente al de los materiales que constituyen el tubo es parte fundamental en la variación final del volumen el factor formado por la deformación del agua. Sin embargo esta deformación, de forma similar a como se acaba de indicar para los elementos auxiliares, va a producirse muy rápidamente de forma tal que su cuantía no aparecerá como agua adicional. En definitiva podemos aceptar que va a haber una transmisión instantánea de la acción sin repercusión en su cuantía como consecuencia de la deformación. Parece como si pudiéramos fijar como norma general que las deformaciones ocurridas con módulo de elasticidad bajo, al producirse rápidamente, no fueran a influir en los resultados finales de los ensayos sino a través de un módulo de elasticidad más elevado.

d) Deformaciones del tubo considerado como una estructura sometida a presión interior que en definitiva implica descenso de presión o pérdida aparente de agua. El tubo se encuentra, en estas pruebas, trabajando a presión interior por lo que se analizan las deformaciones para comparar sus valores (pérdidas aparentes de agua) con los alcanzados por otros factores. Lógicamente la consideración o no de este factor dependerá del tiempo transcurrido hasta alcanzar la deformación. Si es instantánea (o casi) desaparecería su influencia. Si la deformación es tan lenta que co-

mienza a representar cifras significativas en periodos de tiempo mayores que los de duración de la prueba estaríamos en el mismo caso. La realidad responderá a situaciones intermedias.

e) Otras causas. En este apartado cabe incluir las posibles influencias de la variabilidad del módulo de elasticidad, la aproximación al límite en la zona elástica en las tensiones de trabajo etc.

3. La absorción

Al entrar en contacto el agua con el material constituyente de los tubos, éste absorbe una determinada cantidad de la misma, función de numerosos factores entre los que pueden citarse las condiciones climáticas (temperatura, humedad ambiental etc.), la presión del agua en el tubo, el tiempo de contacto, el espesor del tubo etc. La única forma de disponer de datos fiables consiste en la realización de los correspondientes ensayos. Desgraciadamente no he encontrado publicados datos relativos a la absorción. Es más, tampoco las casas fabricantes de este tipo de tubería consultadas disponen, al menos esa es la información facilitada al respecto, de ensayos de absorción. Ante esta carencia de información se recogen los resultados de una serie de pruebas efectuadas por el autor, con las que se ha pretendido no tanto determinar la relación de la absorción con cada uno de los diferentes factores mencionados, como rellenar el vacío citado. Dicho de otra forma, se ha intentado con dichas pruebas obtener absorciones reales en unas condiciones igualmente reales relacionándolas fundamentalmente con el tiempo de duración del contacto, ya que en todos los casos la presión de prueba será la atmosférica. Es claro que las cifras reseñadas a continuación aparecen como mínimos que se verán superados cuando el tubo se encuentre a presión.

Los ensayos se han llevado a cabo con tubos de 400 mm. D.I. y 100 mm.D.I., ambos tipo C, todos ellos sin haber prestado servicio y en las mismas condiciones de temperatura y humedad. Es interesante destacar el hecho de que los valores obtenidos para tubos distintos en iguales periodos se van igualando con el paso de las horas y llegan a presentar diferencias que no sobrepasan el 5% de la absorción en ese instante. Parece que pueden obtenerse de los ensayos una serie de conclusiones de tipo general que podemos resumir de la siguiente forma:

a) Representados dichos resultados en un sistema de ejes absorción-tiempo parecen aproximarse a una curva potencial. Por ello se ha obtenido unas curvas de regresión del tipo citado, que en seguida analizaremos.

b) Los resultados obtenidos con estas curvas parecen ser válidos en un periodo de unas 40 horas. A partir de este momento la rápida disminución del incremento de absorción los alejan de la realidad.

c) En las primeras horas se obtienen las máximas diferencias de unos ensayos a otros, resultado aparentemente lógico al corresponder a las horas iniciales las máximas absorciones.

d) Como puede comprobarse en los resultados que luego se señalan no existe la relación entre absorciones para diferentes diámetros que debería coincidir con la relación entre éstos. Aquí quiero llamar la atención sobre el hecho de que todas las curvas de absorción de la ISO 4483 aparecen para un diámetro de 100 mm., indicándose que para otras se aplicará la relación de diámetros.

Este punto de la ISO coincide con la teoría más elemental que puede admitir que la absorción es proporcional a la superficie en contacto, es decir:

$$A_D = K.S = K.l.\pi.D$$

siendo:

K, absorción unitaria.

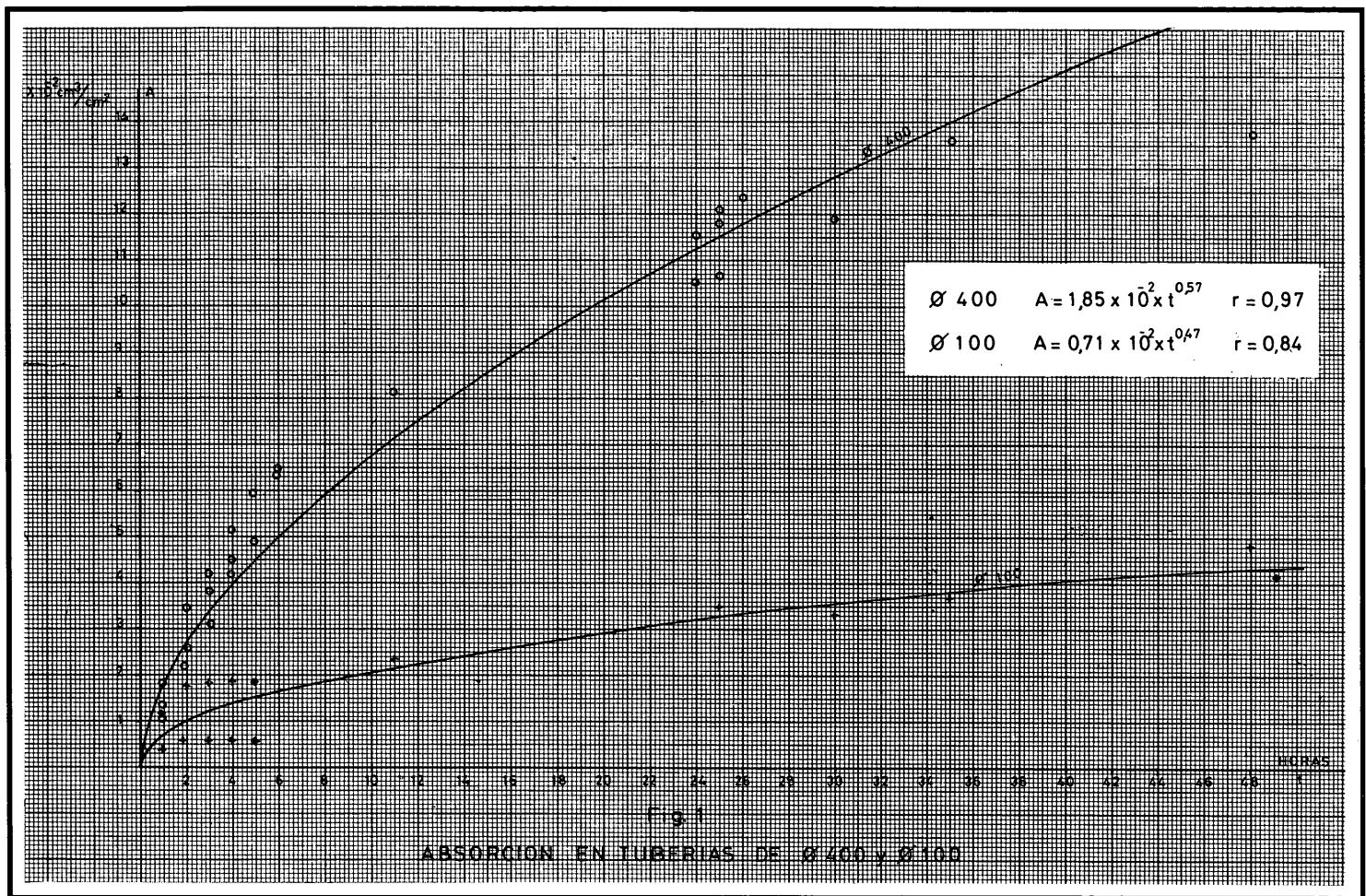
l, longitud del tramo considerado.

D, diámetro de la conducción.

Para los diámetros D_1 y D_2 , la relación entre las absorciones sería:

$$\frac{A_{D_1}}{A_{D_2}} = \frac{K_1.\pi.D_1}{K_1.\pi.D_2} = \frac{D_1}{D_2} = cte$$

Dado que las curvas que hemos obtenido para los distintos diámetros han sido del tipo:



$$AD_i = k_i \cdot t \cdot H_i$$

$$H_{400} \neq H_{100}$$

la exigencia anterior implicaría que para $i = 1,2$ $H_1 = H_2$, pues en ese caso

y por tanto no parece cumplirse la relación teóricamente correcta. (1)

$$\frac{AD_1}{AD_2} = \frac{K_1 \cdot t \cdot H_1}{K_2 \cdot t \cdot H_2} = \frac{K_1}{K_2} t \frac{(H_1 - H_2)}{H_2} = \frac{K_1}{K_2} = cte$$

y podría verificarse la condición teórica. El hecho es que para los ensayos efectuados

e) Los resultados de los ensayos efectuados aparecen en la fig. 1 en la que se dibujan las curvas de regresión calculadas. Las ecuaciones de dichas curvas son:

$$\begin{aligned} \text{Ø } 400 & \dots\dots\dots Ab = 2,323 \times t^{0,57} \\ \text{Ø } 100 & \dots\dots\dots Ab = 0,223 \times t^{0,47} \end{aligned}$$

estando expresados: Ab: cm³/cm, t: horas.

CUADRO N° 1
Agua absorbida acumulada (cm³/cm)

Tiempo transcurrido (h)	Diámetro de la conducción 400 mm.	100 mm.
1	2,32,	0,22
6	6,44,	0,51
12	9,58,	0,71
24	14,22	0,98
48	21,10	1,36

CUADRO N° 2
Agua absorbida acumulada (cm³/cm²)

Tiempo transcurrido (h)	Diámetro de la conducción 400 mm.	100mm.
1	0,0185	0,0070
6	0,0433	0,0162
12	0,0763	0,0226
24	0,1132	0,0312
48	0,1680	0,0433

Los coeficientes de correlación son para Ø400, $r = 0,97$ y para Ø100, $r = 0,84$, lo que indica claramente la mayor bondad de la aproximación al comportamiento de la tubería mayor y la escasa fiabilidad de la menor, fundamentalmente en las primeras horas.

En el cuadro n° 1 aparecen los valores acumulados del agua absorbida por ambas tuberías a lo largo de una serie de horas. Dado que dichas cifras se refieren a cm. de tubo los valores recogidos no son comparables. Si usamos como referencia el cm² si que pueden compararse. Los nuevos valores aparecen en el Cuadro n° 2.

A efectos de reglamentar las pruebas, las cifras de absorción significativas no son las acumuladas a origen sino las producidas durante el período de control de la prueba, es decir su duración. En el caso de la prueba de presión interior este tiempo es de 30 min. y medidos, además, después de 24 horas de inmersión del tubo. Por el contrario la prueba de estanqueidad ha de durar 2 horas, y al realizarse después de la presión interior podemos admitir que esas dos horas son las comprendidas entre la hora 25 y la hora 27. Con la información anterior se ha completado el cuadro n° 3 en el que se incluyen también las absorciones en la primera y sexta hora.

Los valores de ese cuadro podrán emplearse para las verificaciones las pruebas citadas.

4. Deformación del tubo

El tubo puede considerarse en las pruebas que comentamos como una estructura de sección circular trabajando a presión interior. en estas condiciones se van a producir las correspondientes tracciones que incrementarán el volumen del tubo y por consiguiente será necesaria la adi-

ción del agua correspondiente. Si suponemos que esta deformación llega a producirse íntegramente en el período de duración de la prueba, la totalidad de la variación del volumen aparecerá como pérdida aparente. Vamos a relacionar esta aumento de volumen con la variación de presión correspondiente.

El trabajo producido por el tubo al deformarse es, por Castigliano, según sigue:

$$T = \frac{1}{2} \int N^2 \cdot \frac{ds}{E\Omega}$$

Si consideramos una unidad de longitud de tubo será:

$$ds = \frac{D}{2} \cdot d\alpha \quad \Omega = e \cdot l \quad N = \frac{pD}{2}$$

CUADRO N° 3
Absorción producida en un período dado (cm³/cm²)

Período de tiempo (h)	Diámetro de la conducción 400 mm	100 mm.
1ª hora	0,0185	0,0070
6ª hora	0,0051	0,0011.
De 24 h. a 24,5 h. (Presión interior),	0,0013	0,0003
De 25 h a 27 h (Estanqueidad),	0,005	0,0012

por tanto:

$$T = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} \frac{p^2 \cdot D^2}{4} \cdot \frac{l}{Ee} \cdot \frac{D}{2} \cdot d\alpha = \frac{\pi}{8Ee} p^2 \cdot D^3$$

Pero por otro lado el trabajo es también

$$T = \frac{1}{2} \cdot P \cdot \Delta V$$

luego igualando

$$\Delta V = \frac{\pi}{4Ee} \cdot p D^3$$

$$\Delta(\Delta V) = \frac{\pi}{4Ee} \cdot D^3 \cdot \Delta p$$

y

E : módulo de elasticidad

e : espesor del tubo.

p : presión interior.

D : diámetro del tubo.

Si quisiéramos haber obtenido esta valoración mediante el cálculo directo de las deformaciones:

$$N = \frac{pD}{2} \quad \sigma = \frac{pD}{2e}$$

siendo D el diámetro inicial, el final D_p será :

$$D_p = D \left(1 + \frac{pD}{2Ee} \right)$$

Si el tubo se somete sucesivamente a dos presiones distintas p_1 y p_2 la diferencia de volumen por unidad de longitud será :

$$\Delta V = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{p_1}^2 - D_{p_2}^2)$$

y sustituyendo el valor D_p calculado más arriba se llega a la expresión definitiva

$$\Delta V = \frac{\pi}{4Ee} D^3 (p_1 - p_2) \left[\frac{1}{4Ee} D(p_1 + p_2) + 1 \right]$$

El valor del primer sumando del corchete es del orden del 0,05% por lo que puede despreciarse, quedando:

$$\Delta V = \frac{\pi}{4Ee} D^3 \Delta p$$

Si la presión inicial es cero se obtendrá la variación del volumen al actuar una determinada presión p:

$$\Delta V = \frac{\pi}{4Ee} D^3 p$$

Con la primera de las dos últimas expresiones puede obtenerse la diferencia entre las deformaciones volumétricas cuando actúan dos presiones p_1 y p_2 tal que

$$\Delta p = p_1 - p_2$$

y con la segunda el caso $p_2 = 0$. Vamos a emplear las expresiones anteriores para cuantificar las pérdidas aparentes que se producirán por la deformación elástica del tubo. Para ello nos referimos a dos diámetros empleados en los cálculos de absorción: 100 mm. y 400 mm., cada uno de ellos para los tipos A, B, C y D. En el cuadro nº 4 quedan recogidos estos resultados.

Refiriéndonos sólo a los valores anteriores la oscilación de la deformación va de 1 a 72. El máximo de 0,7052 cm³/cm. significaría una pérdida aparente de 35,2 l. en un tramo de longitud

CUADRO N° 4
Deformación elástica en los tubos por presión interior

D (mm)	Tim.	e (mm)	P (kg/cm ²)	ΔV (cm ³ /cm)	ΔV (cm ³ /cm ²)
100	A	8	2,5	0,0098	0,0003
100	B	9	5,0	0,0174	0,0006
100	C	10	7,5	0,0236	0,0008
100	D	11	10,0	0,0285	0,0009
400	A	15,0	2,5	0,3350	0,0027
400	B	19,0	5,0	0,5290	0,0042
400	C	22,0	7,5	0,6850	0,0055
400	D	28,5	10,0	0,7052	0,0056

de 500 m. Esta longitud suele ser la elegida para los tramos de prueba.

lor de R en el criterio alternativo sea inferior a 0,84 kg/cm² para que dicho criterio sea más riguroso que el del Pliego siempre.

5. Comparación entre criterios aplicados por el pliego y otras alternativas

Vamos a referirnos ahora solo a la prueba de presión interior. Para ello se calculará la diferencia de pérdida aparente producida si se respeta uno de los criterios alternativos o el del Pliego.

El criterio alternativo elegido consiste en fijar el descenso máximo admisible de la presión, que se supone de valor R kg/cm², independientemente del timbraje y del diámetro de la tubería. Ciertamente este criterio (como indicábamos al principio al referirnos a los alternativos) es menos lógico más caprichoso (al menos aparentemente) que el del Pliego. Llamaremos A al criterio alternativo y P al del Pliego, para acabar estimando el valor de R. En realidad el criterio A será más riguroso si

$$\sqrt{\frac{P_p}{5}} > R, \text{ o sea } P_p > 5R^2 \text{ Kg/cm}^2$$

Dado que la presión de prueba más pequeña a emplear va a ser 3,5 kg/cm², bastará que el va-

La relación entre variación de volumen y pérdida de presión, antes obtenida, era:

$$\Delta V = \pi \cdot \frac{D^3}{4Ee} \cdot \Delta p$$

El cambio de presión ahora será el producido por el criterio P en vez del A. Para el P la reducción de presión era

$$\sqrt{\frac{P_p}{5}}$$

y para el A era R kg/cm².

Las presiones finales en uno y otro caso eran:

Criterio P $P_f = P_p - \sqrt{\frac{P_p}{5}}$

Criterio A $P_f = P_p - R$

CUADRO N° 5
Pérdida aparente adicional al pasar del criterio A al P.

a) Considerando máximo $R = 0,5 \text{ kg/cm}^2$.

Díametro	Tipo	$\Delta p \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	$\Delta V \text{ (cm}^3\text{/cm)}$	$\Delta V \text{ (cm}^3\text{/cm}^2\text{)}$
100	C	0,90	0,00288	0,00009
100	D	1,11	0,00317	0,00010
400	C	0,90	0,08221	0,00065
400	D	1,11	0,07827	0,00063

b) Considerando máximo $R = 1,0 \text{ kg/cm}^2$.

Díametro	Tipo	$\Delta p \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	$\Delta V \text{ (cm}^3\text{/cm)}$	$\Delta V \text{ cm}^3\text{/cm}^2$
100	C	0,40	0,00126	0,00004
100	D	0,61	0,00174	0,00006
400	C	0,40	0,03654	0,00029
400	D	0,61	0,04301	0,00034

La diferencia entre ambas situaciones finales es

$$\Delta P = \sqrt{\frac{P_p}{5}} - R$$

y el cambio volumétrico originado por esta variación de presión será

$$\Delta V = \frac{\pi}{4Ee} D^3 \left[\sqrt{\frac{P_p}{5}} - R \right]$$

Vamos a valorar esta expresión para diámetro de 100 y 400 mm. con timbrajes tipo C y D, para valores de R de 0,5 Kg/cm² y 1 kg/cm². (Cuadro N° 5).

Estas cifras aparecen como poco significativas, pero lo serán más si se recogen como la variación de volumen según un criterio u otro. Los criterios alternativos se eligen para $R = 0,5$ y 1 kg/cm^2 . (Cuadro N° 6).

Lógicamente las relaciones de variaciones de volumen entre criterios A y P son las relaciones de presiones que estamos considerando y puede verse que conforme va aumentando la presión de prueba es mayor el valor de R.

El interés de las cifras anteriores reside en que pueden compararse con las pérdidas por absorción. Tengase presente que las absorciones antes obtenidas lo fueron para presión atmosférica. El aumento de presión significa un rápido incremento de la presión. Recuérdese a estos efectos los valores de la norma ISO.

Debo indicar frente a lo anterior que las pruebas de absorción antes reseñadas arrojan para el mismo tubo (400 mm., tipo c) una absorción unitario de $0,0013 \text{ cm}^3\text{/cm}^2$. más acorde con el condicionado del Pliego que con el tipo a. Igualmente y para tubo similar ISO fija $0,0011 \text{ cm}^3\text{/cm}^2$. también más acorde con el Pliego. Estos resultados quedan pues completamente abiertos a la influencia de otros factores.

6. Pruebas de estanqueidad

El Pliego cuantifica las posibles pérdidas admisibles. Para ello fija como máxima la dada por

$$V = K L D$$

V = litros K = 0,35
L = mts. D = mts.

Adoptando la tubería de 400 mm. y un tramo de 500 mts., la pérdida total sería:

$$V = 70 \text{ l} = 0,011 \text{ cm}^3\text{/cm}^2$$

De acuerdo con las pruebas efectuadas los valores deberían ser $0,0051 \text{ mc}^3\text{/cm}^2$. El Pliego está admitiendo más del doble del valor obtenido en los ensayos.

CUADRO Nº 6
Valores absolutos para ambos criterios

a) Considerando máximo $R = 0,5 \text{ kg/cm}^2$

Diámetro	Tipo	p_{pr}	$\Delta P(\text{kg/cm}^2)$		$\Delta V(\text{cm}^3/\text{cm})$		$\Delta V \text{ cm}^3/\text{cm}^2$	
			A	P	A	P	A	P
400	C	9,75	1,0	1,4	0,0913	0,1279	0,00073	0,0010
400	D	13,00	1,0	1,6	0,0805	0,1128	0,00064	0,0009

b) Considerando $R = 1 \text{ kg/cm}^2$

Diámetro	Tipo	p_{pr}	$\Delta P(\text{kg/cm}^2)$		$\Delta V(\text{cm}^3/\text{cm})$		$\Delta V \text{ cm}^3/\text{cm}^2$	
			A	P	A	P	A	P
400	C	9,75	1,0	1,4	0,0913	0,1279	0,00073	0,00102
400	D	13,0	1,0	1,6	0,0805	0,1128	0,00064	0,00090

7. Algunas ideas para una posible nueva redacción del pliego

Dado que el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Abastecimiento de Aguas es del año 1974 parece que en breve plazo deberá realizarse una nueva redacción del mismo que lo actualice, corrigiendo así sus imperfecciones. Cuando esto ocurra creo que merecerá la pena tener presente dos tipos posible corrección: semánticas y conceptuales. A continuación se comenta brevemente cada uno de estos tipos.

■ **7.1. Correcciones de tipo semántico**

Si se pretende que el receptor de un mensaje reciba la misma idea producida por el emisor es necesario que, sea cual sea el lenguaje, se exija el máximo de corrección en su uso. Un uso incorrecto puede originar graves confusiones.

En el Capítulo XI del Pliego aparece el término pérdida en numerosas ocasiones. Si no hay una aclaración complementaria la pérdida de agua en una tubería es la salida no deseada de la misma. Y con esta acepción la pérdida ha de ser cero en cualquier tipo de prueba. No parece admisible que la tubería pierda cierta cantidad de agua. Y eso es lo que, al menos aparentemente, hace el Pliego.

Una nueva redacción deberá o cambiar el sustantivo o adjetivarlo convenientemente, de forma que el concepto quede claro. Sería correcto decir pérdida aparente ya que cualquiera de los factores analizados se presenta finalmente como si se hubiese producido una pérdida de agua. Es significativo al distinción que hace la ISO 4483 con el empleo de los vocablos leakage y make-up water. Mientras el primero recoge nuestro concepto de pérdida, el segundo se refiere a agua "desaparecida", fundamentalmente la absorbida por el tubo. Quiero llamar la atención que en la norma citada la valoración y cuantificación se refiere siempre al make-up water.

La nueva redacción, creo, deberá tener un gran cuidado con el término pérdida, reservándolo para la situación que corresponda, empleando en los demás casos pérdida aparente ó similar.

■ **7.2. Correcciones de tipo conceptual**

La consideración por parte del Pliego vigente de dos pruebas (presión interior, estanqueidad) no parece tener mucho sentido cuando ambas pruebas pueden traducirse al final en la cuantificación de una misma magnitud.

La prueba de reducción de presión interior no es sino el reflejo de una variación de volumen, bien el ocupado por el agua (deformación del tu-

bo etc), bien del agua realmente presente en el interior del tubo (pérdida real, absorción etc). La verificación de una estanqueidad mínima busca una misma finalidad, pero ahora controla el agua desaparecida directamente.

Salvo la consideración de razones de otro tipo aquí no analizadas parece más lógico englobar ambas pruebas en un sola.

Agradecimiento

Mi agradecimiento al personal del Taller Central de la M.C.T. por su colaboración en la realización de las pruebas y ensayos citados.

Bibliografía

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Abastecimiento de Agua. Madrid, 1974.

International Organization for Standardization. ISSO 4483. Asbestos-cement pipelines-Field pressure testing. 1979 ■

1) En realidad tampoco es teóricamente correcta porque se olvida de la influencia del espesor. Quizá los resultados de los ensayos recojan bastante fielmente la realidad con un comportamiento proporcional a la superficie a largo plazo (más de 24 horas) y un parámetro $D1/e$ a corto plazo. Lógicamente esto último es una hipótesis; pero debe tenerse presente que el gradiente de humedad a lo largo del espesor (inicialmente independiente del mismo) varía a las pocas horas con el espesor del tubo y que por lo tanto la pretendida constante K no debería serlo tanto.