

Estudio sobre la aplicación de tratamientos para el control de la proliferación de la legionelosis en una instalación de suministro de agua sanitaria realizada con acero galvanizado.

II PARTE. TRATAMIENTO CON CLORO



UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO
Facultad de Farmacia

UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO
FACULTAD DE FARMACIA
DPTO. QUIMICA ANALITICA
c/Paseo de la Universidad s/n
01006 VITORIA-GASTEIZ



EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA
FARMAZI FAKULTATEA
KIMIKA ANALITIKA SAILA
c/Paseo de la Universidad s/n
01006 VITORIA-GASTEIZ

Tfno 945 01 30 00 FAX 945 01 30 14

El presente estudio fue encargado en su día al Departamento de Química Analítica de la UPV/EHU por la Asociación de Fabricantes de Tubo de Acero Soldado Longitudinalmente y Accesorio de Fundición Maleable Roscado para Tubería, AFTA

Participantes en el estudio:

Nora Unceta
Dra. M. Carmen Sanpedro
Dra. M. Aranzazu Goicolea
Dr. Ramón J. Barrio

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	5
3. ENSAYOS PRACTICOS	6
4. DISEÑO DEL ESTUDIO	8
5. DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO DE ENSAYO	9
6. FASES DEL ESTUDIO	10
FASE I: Tratamiento térmico preventivo	10
FASE II: Tratamiento térmico y desinfección con cloro en caso de brote.....	11
FASE III: Tratamiento de limpieza y desinfección química con cloro en caso de brote	11
7. METODOLOGÍAS ANALÍTICAS	12
1. Determinación de hierro en la muestra de agua	12
2. Determinación de cinc en la muestra de agua.....	12
3. Control del recubrimiento del tubo galvanizado	12
4. Medida del cloro residual	12
8. CALENDARIO DE TRABAJO	13
FASE III: Tratamiento de limpieza y desinfección química con cloro en caso de brote	13
9. RESULTADOS OBTENIDOS	14
10. CONCLUSIONES	19

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se considera una continuación del anteriormente realizado en el Departamento de Química Analítica de la UPV/EHU y que llevaba por título “Estudio sobre la aplicación de tratamientos para el control de la proliferación de la legionelosis en una instalación de suministro de agua caliente sanitaria realizada con acero galvanizado”.

En el mencionado trabajo se realizó un diseño experimental con objeto de evaluar la estabilidad térmica y química de los recubrimientos de cinc de los tubos y accesorios galvanizados, después de ser sometidos a los tratamientos de prevención y desinfección de legionelosis previstos en el Real Decreto 865/2003.

Entre los tratamientos posibles que prevé el RD con referencia a la limpieza y desinfección en caso de brote de legionelosis, estaba incluido la utilización de cantidades de 20/30 mg/l de cloro residual libre, durante 3 ó 2 horas respectivamente. La evaluación que dicho tratamiento puede tener sobre los recubrimientos de cinc de tubos y accesorios de las instalaciones de agua caliente sanitaria y agua fría de consumo humano, no había sido realizada en el primer estudio.

De ahí la necesidad de ampliar el trabajo inicial, a las condiciones de este tratamiento con cloro, que en principio puede resultar químicamente más agresivo, dadas las elevadas concentraciones empleadas del elemento desinfectante.

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

La asociación de fabricantes de tubo de acero y accesorios de fundición maleable (AFTA) se encuentra con la necesidad de comprobar que los productos fabricados por sus asociados están preparados y son adecuados para soportar los procedimientos de limpieza y desinfección (con o sin brote de legionelosis) a los que obliga el RD 865/2003.

Para ello se ha diseñado un proyecto de colaboración con el Departamento de Química Analítica de la Facultad de Farmacia de la UPV/EHU, que pretende alcanzar el siguiente objetivo:

- Realizar un estudio sobre la estabilidad química de los recubrimientos de cinc de los tubos y accesorios galvanizados, después de ser sometidos a los tratamientos de prevención y desinfección de legionelosis previstos en el RD 865/2003 (Anexo 3), que se mencionan a continuación:

Apartado B referente a la limpieza y desinfección con cloro: “clorar el depósito con 20-30 mg/l de cloro residual libre, a una temperatura no superior a 30°C y un pH de 7-8, haciendo llegar a todos los puntos terminales de la red 1-2 mg/l y mantener durante 3 ó 2 horas respectivamente. Como alternativa se puede utilizar 4-5 mg/l en depósito durante 12 horas.

Apartado C referente a la limpieza y desinfección con cloro en caso de brote de legionelosis: “clorar con 15 mg/l de cloro residual libre, manteniendo el agua por debajo de 30°C y un pH de 7-8, y mantener durante 4 horas. (Alternativamente se podrán utilizar cantidades de 20-30 mg/l de cloro residual libre, durante 3 ó 2 horas respectivamente).

3. ENSAYOS PRACTICOS

Con objeto de estimar cual de los dos tratamientos posibles (20-30 mg/l de cloro durante 3-2 horas ó 4-5 mg/l durante 12 horas) resulta más agresivo para la tubería y accesorios, se procedió a la realización de ensayos previos sobre trozos de tubería de 15 cm sellados con tapones de silicona que se mantuvieron con soluciones de cloro de ambas concentraciones en periodos crecientes de tiempo. La disminución del espesor del recubrimiento de cinc se utilizó como indicador de la agresividad del tratamiento. Los resultados quedan reflejados en la Tabla1 y Figura 1.

TRATAMIENTO CON 4-5 ppm DE CLORO LIBRE		
Duración del tratamiento (h)	Media interior (g / m ²)	Media interior (µm)
0	770,6	107
12	800,2	111,1
24	782,8	108,7
36	808,4	112,3
48	796,8	110,7

TRATAMIENTO CON 20-30 ppm DE CLORO LIBRE		
Duración del tratamiento (h)	Media interior (g / m ²)	Media interior (µm)
0	696,3	96,7
3	705,7	98
6	760,2	105,6
9	785,8	109,1
12	739,3	102,7

Tabla 1. Espesores de cinc de la capa interna expresados en µm y g/m², a lo largo del periodo de tiempo en que se realizaron los ensayos

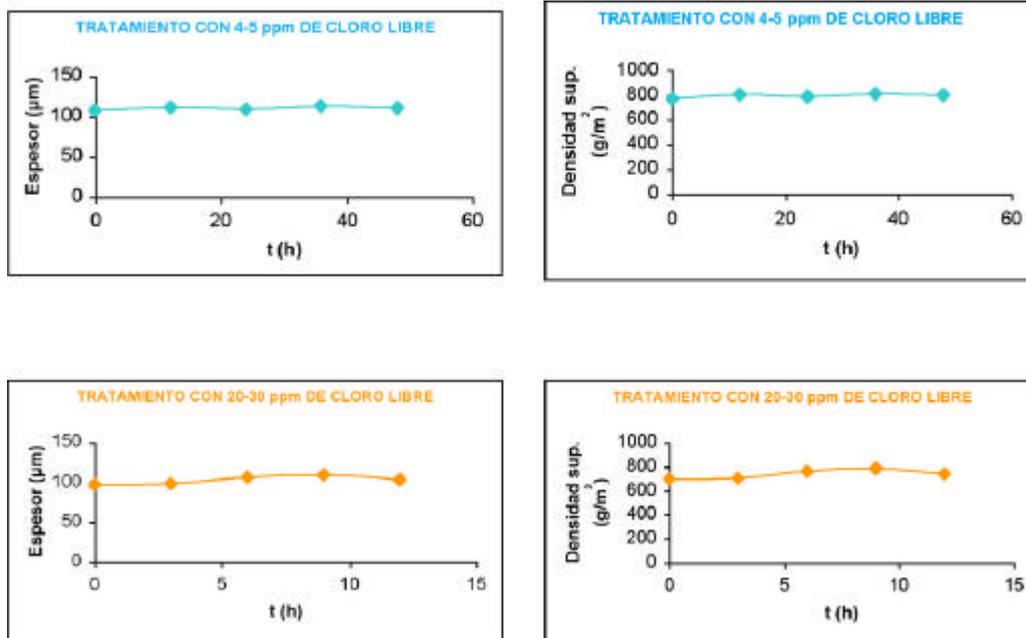


Figura 1. Resultado de los tratamientos con diferentes concentraciones de Cl_2 , a diferentes tiempos de ensayo, sobre porciones de tubo de 15 cm

Como resultado del ensayo puede afirmarse que no existe degradación diferenciada de la capa de cinc entre un ensayo u otro, teniendo presente siempre las condiciones estáticas de la realización del ensayo.

Por todo ello y con objeto de asegurar las condiciones menos favorables para la estabilidad química de la tubería se escogió el tratamiento con 20-30 mg/l de cloro durante 3-2 horas, que a priori sigue pareciendo el más agresivo.

4. DISEÑO DEL ESTUDIO

Los tratamientos mencionados en el apartado de objetivos presentan una coincidencia consistente en la posibilidad de utilizar cantidades de 20-30 mg/l de cloro residual libre, durante 3 ó 2 horas respectivamente. Por ello se ha realizado un diseño experimental basado en esta propuesta.

Con objeto de disponer de datos experimentales que permitan realizar suposiciones sobre estimaciones de duración de los tubos y accesorios, se ha diseñado un protocolo de ensayos sobre una instalación prototipo que se recoge en la Figura 2.

En dicho prototipo se pretenden simular las condiciones de agresión química que sufriría una red de distribución de agua cuando se somete a los tratamientos que emanan del RD 865/2003.

Los parámetros analíticos que se utilizarán para comprobar la estabilidad de la tubería son el espesor y la densidad superficial de la capa de cinc empleada en el galvanizado del tubo. Se realizarán así mismo medidas de las concentraciones de cinc y hierro en el agua en contacto con la tubería.

5. DESCRIPCION DEL CIRCUITO DE ENSAYO

El prototipo de ensayo consta de un circuito de 33 metros de tubería. La recirculación de agua de se realiza mediante una bomba Nowax, modelo MR43. El sistema posee dos medidores de flujo (modelos Unimag y Narval) que permiten controlar el volumen de agua necesario que se introduce en el circuito. Las válvulas de control son de la marca Braukmanh.

El sistema de red de distribución con recirculación del agua, incluye un número concreto de by-pass (6) que permiten realizar muestreos de tubo, sin afectar al resto del sistema.

El tubo y los accesorios para la construcción de todo el sistema fueron proporcionados por AFTA. Se trata de tubo galvanizado UNE 19047, de 1' y accesorios de fundición maleable bajo norma UNE-EN 10242: codos A, 1', T B1 de 1' y juntas rápidas en los by-pass (DIN-3387).

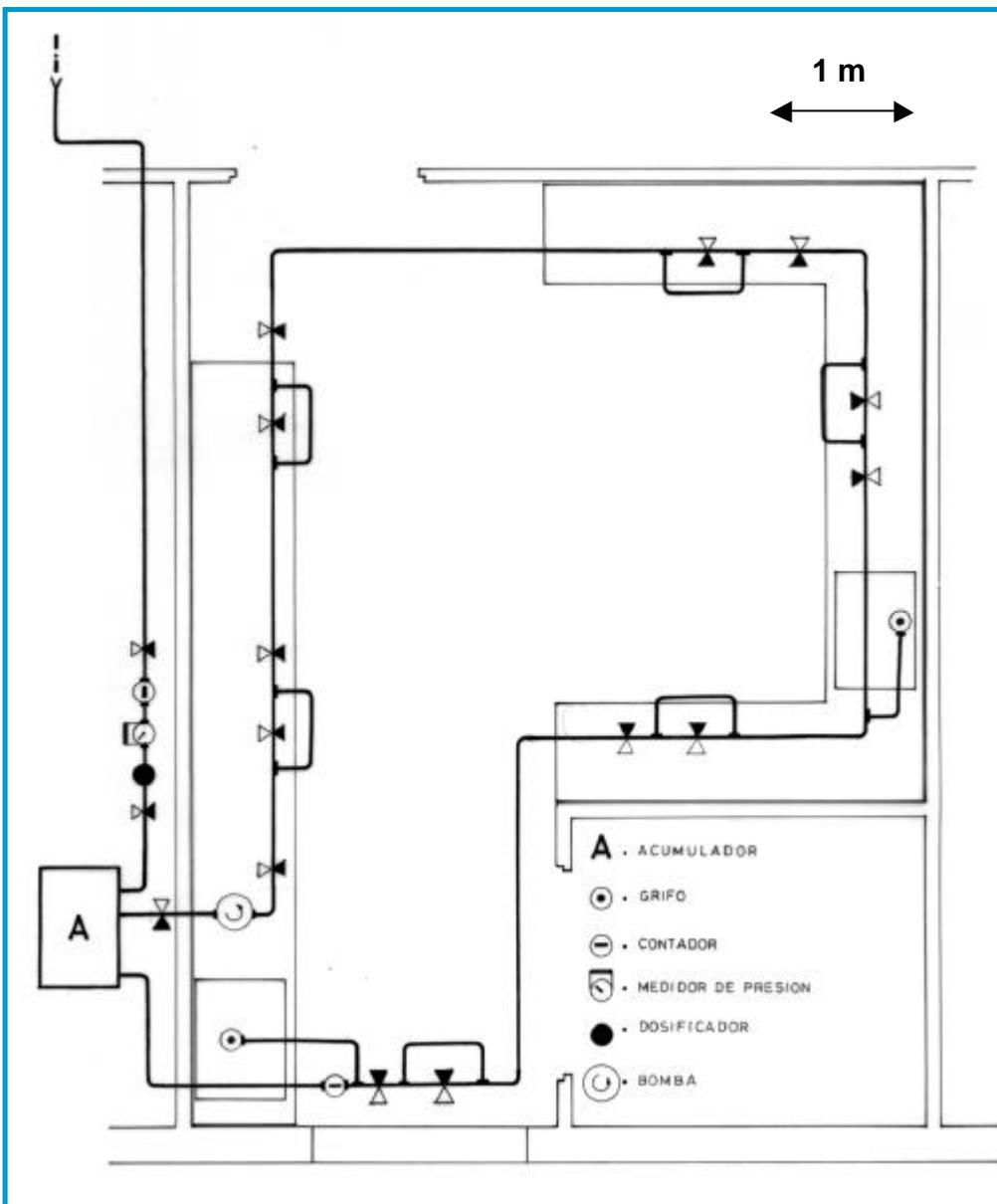


Figura 2. Descripción del circuito de ensayo

6. FASES DEL ESTUDIO

Los distintos tratamientos preventivos y de choque que propone el RD 865/2003, pueden influir de forma variada en la estabilidad de las tuberías. Con objeto de acercarse al planteamiento preventivo de forma progresiva se dispuso realizar el estudio en tres fases. Cada una de ellas pretende reproducir alguna de las condiciones del RD. Las fases se han desarrollado de forma continuada durante un periodo de tiempo pretendiendo con ello la simulación de los tratamientos obligados por el R.D. a lo largo de los sucesivos años.

Las dos primeras fases que aquí se mencionan constituyeron la primera parte de este trabajo y sus resultados quedaron recogidos en el informe que en su día se realizó. Se recogen aquí con el único objeto de mostrar la secuenciación de tratamientos, con sus similitudes y diferencias. La tercera fase corresponde al estudio que se presenta y a ella se hará referencia en lo sucesivo, tanto a nivel de resultados como de conclusiones.

Fase I: Tratamiento térmico preventivo

Se elevó la temperatura del depósito hasta 70°C, haciendo circular el agua en circuito cerrado permanentemente, garantizando temperaturas de 60°C en los puntos terminales de la red y manteniendo el proceso durante 2 horas.

- El proceso se realizó diariamente durante 30 días.
- Se vació la tubería de agua todos los días, para iniciar el ensayo con agua de la red. Se evacuaron diariamente 300 litros de agua, cantidad que equivale al consumo medio diario de una vivienda.
- Se tomaron muestras de agua de la tubería después de las 2 horas de tratamiento térmico y al día siguiente antes de vaciar la tubería.
- Cada 7 días de ensayo se eliminó un by-pass y se tomó una muestra de tubo del mismo.

Fase II: Tratamiento térmico y desinfección con cloro en caso de brote

Se elevó la temperatura del acumulador a 70°C haciendo circular el agua en circuito cerrado permanentemente, garantizando temperaturas de 55°C en los puntos terminales de la red y manteniendo el proceso durante 24 horas. A su vez se dosificó la instalación con 1-2 ppm de cloro residual, asegurando esta concentración durante las 24 horas del ensayo.

- El proceso se realizó diariamente durante 60 días.
- La dosificación y medida colorimétrica de cloro se realizó dos veces al día, al inicio (8 a.m.) y sobre la mitad del ensayo (19-20h).
- Se vació la tubería de agua todos los días, para iniciar el ensayo con agua de la red. Se evacuaron diariamente 300 litros de agua, cantidad que equivale al consumo medio diario de una vivienda.
- Se tomaron muestras de agua de la tubería después de 24 horas del tratamiento.
- Cada 10 días de ensayo se eliminó un by-pass y se tomó una muestra de tubo de dicho elemento.
- Se realizó un ensayo específico sobre dos by-pass, de los que se tomaron cuatro muestras de tubo a lo largo de los tres meses de ensayo. La disminución de la longitud del tubo se solventó con juntas rápidas. Ello permitió realizar ensayos de espesor sobre el mismo tubo.

Fase III: Tratamiento de limpieza y desinfección química con cloro en caso de brote

Se hace circular el agua en circuito cerrado permanentemente, a la temperatura de la red (entre 17-19 °C) manteniendo el proceso durante 3 horas. A su vez se dosificó la instalación con 20±1 ppm de cloro residual, asegurando esta concentración durante las 3 horas del ensayo.

- El proceso se realizó diariamente durante 30 días.
- La dosificación y medida colorimétrica de cloro se realizó dos veces al día, al inicio y al final del ensayo.
- Se vació la tubería de agua todos los días, para iniciar el ensayo con agua de la red. Se evacuaron diariamente 600 litros de agua, cantidad equivalente al doble del consumo medio diario de una vivienda y que a su vez garantiza la elución de cualquier residuo de cloro.
- Se tomaron muestras de agua de la tubería después de las 3 horas del tratamiento.
- Cada 5 días de ensayo se eliminó un by-pass y se tomaron tres muestras de tubo de dicho elemento.

7. METODOLOGÍAS ANALÍTICAS

A lo largo de todo el estudio se han controlado ciertos parámetros analíticos directamente relacionados con la estabilidad de los tubos y accesorios sometidos a los diferentes tratamientos:

- Concentración de hierro en el agua de la tubería.
- Concentración de cinc en el agua de la tubería.
- Control del recubrimiento de cinc del tubo galvanizado
- Concentración de cloro residual

1. Determinación de hierro en la muestra de agua

A las muestras de agua recogidas se les ha realizado una digestión ácida asistida por microondas. Para ello se ha utilizado HNO₃ al 65% y la muestra se ha sometido a un programa de temperaturas de hasta 170° C en horno MW.

La determinación de hierro se realiza mediante técnicas electroanalíticas de polarografía diferencial de impulsos. El método se basa en la formación de un complejo de hierro con catecol en presencia de tampón Pippes a un pH de 7, lo que permite la reducción del complejo formado sobre electrodo de gota de mercurio a potenciales de -450 mV vs. Ag/ClAg. Para la determinación de la concentración se utilizó el método adiciones estándar con un patrón de hierro.

El límite de determinación del método se ha estimado en 0,06 mg l⁻¹.

2. Determinación de Cinc en la muestra de agua

La determinación de cinc por absorción atómica se realizó con una lámpara de cátodo hueco de cinc. Las medidas de cinc se realizaron a una longitud de onda de 213.9 nm y una anchura de banda de 0.5 nm. La llama utilizada para la atomización de la muestra es de aire/acetileno.

El límite de determinación del método se ha estimado en 0,12 mg l⁻¹.

3. Control del recubrimiento del tubo galvanizado

La determinación del espesor exterior e interior de la capa de cinc (µm) se ha determinado por gravimetría siguiendo el protocolo de la Norma ISO 1460. Los tubos de muestra provienen de los by-pass de la tubería. Los tubos analizados deben medir 10 cm de longitud y son sumergidos en una solución de decapado que contiene hexamina (utilizada como inhibidor de ataque del acero) disuelta en ácido clorhídrico y diluída con agua destilada.

4. Medida del cloro residual

La determinación de la concentración de cloro en el agua de la tubería, se ha realizado por colorimetría, con reactivos comerciales. Dicho test fue comprobado previamente a su utilización en rutina por titulación iodométrica con tiosulfato.

8. CALENDARIO DE TRABAJO

Fase III: Tratamiento de limpieza y desinfección química con cloro en caso de brote

Protocolo del ensayo

Toma de muestra: Tomar muestra de agua, vaciar la tubería (evacuar 600 litros de agua) y llenar con agua limpia de la red. Dosificar con Cloro, asegurando 20 ppm y dejar recirculando 3 h. Una vez pasadas las tres horas tomar una segunda muestra de agua.

Análisis diario de las concentraciones de Hierro y Cinc en el agua. Análisis cada 5 días del galvanizado en los by-pass de la tubería.

La duración de esta fase ha sido de treinta días, distribuidos en seis semanas:

ENERO 2004

Semana 12-16, semana 19-23, semana 26-30

FEBRERO 2004

Semana 2-6, semana 9-13, semana 16-20

9. RESULTADOS OBTENIDOS

Durante 30 días se sometió al circuito de ensayo al tratamiento químico arriba descrito. A continuación se describen los resultados obtenidos, relativos tanto al espesor de la capa de cinc interna del tubo, como a las concentraciones de iones cinc y hierro presentes en el agua en contacto con la tubería.

Semana	Fecha	espesor (μm)				
		Nº tubo	Medida interior	Media	Desv.Stan.	Int.Conf.
1	16/1/04	1	87,8	87,8	2,5	6,3
		2	85,2			
		3	90,3			
2	23/1/04	1	96,8	97,7	3,7	9,1
		2	101,7			
		3	94,5			
3	30/1/04	1	103,9	101,9	2,3	5,8
		2	102,4			
		3	99,3			
4	6/2/04	1	89,7	89,7	1,7	4,3
		2	91,5			
		3	88			
5	13/2/04	1	96,2	92,4	4,1	10,1
		2	92,9			
		3	88,1			
6	20/2/04	1	99,2	100,8	3,4	8,6
		2	104,8			
		3	98,5			

Tabla 2. Resultados de los ensayos de espesor de la capa de Zn de tubo galvanizado, después de someter a la tubería a tratamientos diarios con concentraciones de cloro de 20 ppm a t^a de la red.

Semana	Fecha	densidad capa interna (g/m ²)				
		Nº tubo	Medida interior	Media	Desv.Stan.	Int.Conf.
1	16/1/04	1	632,3	631,9	18,3	45,6
		2	613,3			
		3	650			
2	23/1/04	1	697,3	703,3	26,3	65,3
		2	732,1			
		3	680,5			
3	30/1/04	1	748	733,6	16,8	41,7
		2	737,6			
		3	715,1			
4	6/2/04	1	645,7	646,1	12,5	31,0
		2	658,8			
		3	633,8			
5	13/2/04	1	692,4	665,2	29,2	72,4
		2	668,8			
		3	634,4			
6	20/2/04	1	714	725,9	24,7	61,4
		2	754,3			
		3	709,3			

Tabla 2 bis. Resultados de los ensayos de densidad superficial de la capa de Zn de tubo galvanizado, después de someter a la tubería a tratamientos diarios con concentraciones de cloro de 20 ppm a t^a de la red.

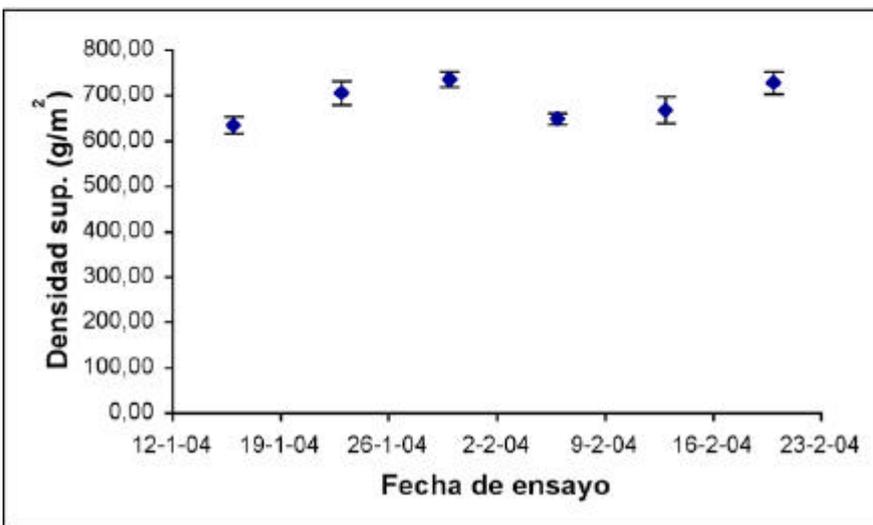
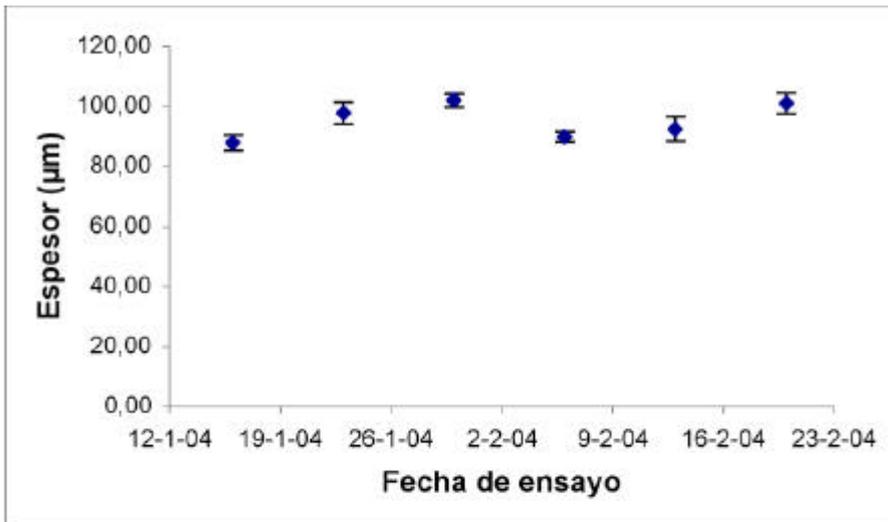


Figura 3. Representación gráfica de los resultados de la Tabla 2 y 2 bis.

Semana	Fecha	Zn (mg/l)	Fe (mg/l)
Semana 1	12/1/04	4,33	<0,08
	13/1/04	3,62	<0,08
	14/1/04	3,23	<0,08
	15/1/04	3,19	<0,08
	16/1/04	2,97	0,08
Semana 2	19/1/04	2,80	<0,08
	20/1/04	2,67	<0,08
	21/1/04	2,73	<0,08
	22/1/04	2,60	<0,08
	23/1/04	2,69	0,08
Semana 3	26/1/04	2,69	<0,08
	27/1/04	2,32	<0,08
	28/1/04	2,37	<0,08
	29/1/04	2,26	<0,08
	30/1/04	2,28	0,08
Semana 4	2/2/04	2,56	<0,08
	3/2/04	2,22	0,10
	4/2/04	2,17	<0,08
	5/2/04	2,15	<0,08
	6/2/04	2,11	<0,08
Semana 5	9/2/04	2,32	<0,08
	10/2/04	1,96	<0,08
	11/2/04	2,00	<0,08
	12/2/04	1,94	<0,08
	13/2/04	1,89	<0,08
Semana 6	16/2/04	2,32	<0,08
	17/2/04	1,85	<0,08
	18/2/04	1,79	<0,08
	19/2/04	1,77	<0,08
	20/2/04	1,74	0,08

Tabla 3 Valores de las concentraciones de iones Zn y Fe presentes en el agua del circuito después de 3 horas en recirculación con dosificación de cloro de 20 ppm. La muestra de agua en contacto con la tubería es renovada todos los días.

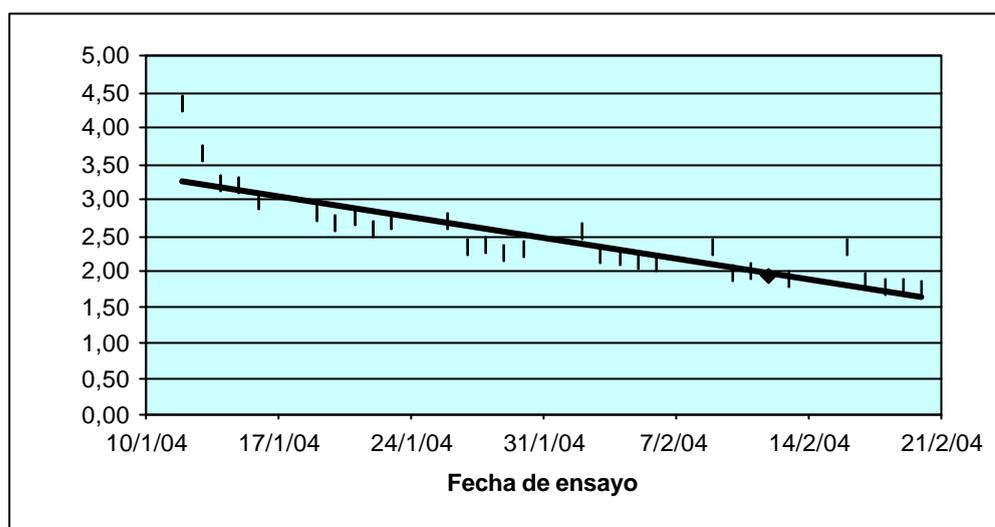


Figura 4. Representación de los datos de la Tabla 3 (concentración de Zn mg/l). No se representan los datos correspondientes a las concentraciones de ion hierro, dado que estas no resultan significativas

Del estudio de la gráfica pueden deducirse los datos correspondientes a las líneas de tendencia del ensayo. Si se fuerza dicha tendencia a una correlación lineal ($R^2 = 0,7736$) se obtiene la ecuación:

$$y = -0,0421x + 1601,4$$

La pendiente de la recta es de $-0,0421$ ppm/día y representa la velocidad de degradación de la tubería. Si se compara este resultado con el obtenido en la primera parte del estudio, en las dos primeras fases¹ donde

$$y = 0,0056x - 202,8 \quad \text{para las muestras de 2h a } 65^\circ \text{ C,}$$

$$y = -0,0121x + 438,2 \quad \text{para dosificaciones de } 1,5 \text{ ppm Cl}_2 \text{ durante 24 h a } 55^\circ \text{ C}$$

puede apreciarse que la degradación de la tubería es más rápida en el caso del tratamiento con 20 ppm de Cloro. Se confirma por lo tanto que este tratamiento es más agresivo para el recubrimiento de cinc que los anteriormente estudiados.

A pesar de todo ello, no se aprecian concentraciones estimables de hierro en el agua en contacto con la tubería, por lo que puede afirmarse que el recubrimiento de cinc permanece con espesores suficientes después de 30 ciclos de tratamiento. Este dato queda confirmado con los resultados de la Figura 3, donde las variaciones de espesor de cinc no son en absoluto significativas.

¹ Estudio sobre la aplicación de tratamientos para el control de la proliferación de la legionelosis en una instalación de suministro de agua caliente sanitaria realizada con acero galvanizado". Ramón J. Barrio y col. Universidad del País Vasco / EHU, Facultad de Farmacia, 2003

10. CONCLUSIONES

Tratamiento químico con 20 mg/l de cloro a temperatura de la red

1. Después de someter al circuito experimental a tratamientos de 20 mg/l de cloro durante 3h, a lo largo de 30 días, los tubos utilizados en su construcción no presentan disminución del espesor de la capa de Zn del galvanizado con significación estadística.
2. Las concentraciones de Zn^{2+} en el agua en contacto con la tubería, presentan una tendencia descendente con el tiempo. Ello pone de manifiesto que tras los primeros tratamientos, se produce una estabilización en la pérdida del recubrimiento de cinc.
3. No se han detectado concentraciones de hierro en el agua en contacto con la tubería, a lo largo de todo el periodo de ensayo químico.
4. De todo se induce que los tubos y accesorios galvanizados utilizados en el ensayo soportan el tratamiento con cloro a que han sido sometidos, el cual se correspondería con 30 años del tratamiento preventivo de *limpieza y desinfección química* al que se refiere el RD 865/2003 (necesario de realizar al menos una vez al año).



**ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE TUBO
DE ACERO SOLDADO LONGITUDINALMENTE Y ACCESORIO
DE FUNDICIÓN MALEABLE ROSCADO PARA TUBERIA**

Avda. Gasteiz, 81 1º Izda.
01009 VITORIA
Tels: 945 22 85 00 – 945 22 85 04 * Fax: 945 22 50 25
e-mail: afta@afta-asociacion.com
<http://www.afta-asociacion.com>



CHINCHURRETA, S.A.



ACCESORIOS DE TUBERÍA, S.A.



GRUPO CONDESA



FUNDICIONES GELMA, S.A.



LAMINACIONES ARREGUI, S.L.