

B1-CABLES AISLADOS

EVALUACIÓN DEL GRADO DE HUMEDAD EN PAPELES AISLANTES DE ACCESORIOS PARA CABLES OF

P. MORCELLE del VALLE *
IITREE-FI-UNLP
Argentina

L. CATALANO
IITREE-FI-UNLP
Argentina

R. E. ALVAREZ
IITREE-FI-UNLP
Argentina

E. CALO
IITREE-FI-UNLP
Argentina

M. del POZO
IITREE-FI-UNLP
Argentina

Resumen –Se presenta una metodología que permite evaluar cualitativamente el contenido de humedad en papeles aislantes para la construcción de empalmes y terminales de cables OF. La metodología aquí presentada permite realizar una rápida, económica y eficaz evaluación del contenido de humedad de los papeles aún durante la construcción de los accesorios sin necesidad de recurrir a métodos que insumen tiempo y equipamiento costoso de laboratorio, tal como el de Karl Fischer.

Palabras clave: Cable OF - Papel - Terminal - Empalme - Humedad - Parafina - Temperatura - Karl Fischer.

1 INTRODUCCIÓN

Resulta evidente que la construcción de empalmes y terminales en los cables subterráneos generalmente no se realiza en condiciones ambientales controladas. La limpieza del lugar de trabajo, la temperatura y fundamentalmente la humedad del ambiente, son factores que condicionan el estado de los materiales que se van a utilizar para dicha construcción.

Es por ello importante mantener bajo control el estado de estos materiales, en particular los papeles aislantes, con el objeto de garantizar los resultados óptimos de las tareas.

En el presente trabajo se expone una metodología para la evaluación de existencia de humedad en los papeles de accesorios, mediante la inmersión muestras de papel en baños de aceite y parafina a diferentes temperaturas. Así, mediante la visualización del burbujeo se evalúa el grado de humedad contenido en los papeles.

Esta metodología, utilizada desde hace ya algunos años por el IITREE, ha demostrado utilidad por su practicidad, confiabilidad y economía, particularmente durante la construcción de accesorios de cables OF en campo; aunque también es muy usada en laboratorio para el control de los papeles componentes de los kits de empalmes y terminales como parte de ensayos de recepción de este tipo de elementos.

Los resultados de las experiencias permitieron establecer una trazabilidad con el método convencional Karl Fischer.

2 RESUMEN DE LA METODOLOGÍA

El método que aquí se presenta consiste en sumergir muestras de papel aislante en baños de aceite y/o parafina que se encuentran a diversas temperaturas conocidas, observando a ojo desnudo si el papel libera burbujas al momento de la inmersión. Debido a que las temperaturas de los baños siempre se encuentran por encima de los 100°C, estas burbujas corresponden al vapor de agua que se libera del papel. Manteniendo la temperatura del baño fija, a mayor cantidad de burbujas extraídas del papel, mayor será la cantidad de humedad que el mismo contiene.

Durante el desarrollo de esta metodología, este procedimiento se repitió para papeles con distintas humedades y para baños de aceite/parafina a diferentes temperaturas.

Por lo tanto fue posible establecer una correlación entre la temperatura del baño en la que comienza el burbujeo y la humedad del papel.

Para lograr este objetivo, debió ser necesario conocer los valores del contenido de humedad de los papeles objeto de las pruebas, lo cual fue realizado analíticamente utilizando el método de Karl Fischer [1].

3 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

3.1 Preparación de las muestras de papel

A pesar de no ser objeto del presente estudio, en este apartado se hace una breve y somera descripción de la preparación de las muestras de papel.

Para ello se partió de la condición de papel seco, es decir aproximadamente 0% de humedad (expresado como el cociente del peso de agua respecto del peso de papel en %). El proceso de secado se realizó en una cámara especial, con condiciones controladas de humedad y temperatura.

Se prepararon muestras de papel con distintos contenidos de agua mediante la contaminación con la humedad ambiente obtenida exponiendo el papel al aire circundante para que la humectación fuera lo suficientemente uniforme. El objetivo fue obtener contenidos de humedad próximos a los valores 2%, 4% y 6%; además del 0% ya mencionado.

A continuación, las muestras de papel se almacenaron frascos de vidrio con aceite dodecibenceno, al cual previamente se le extrajo la humedad, resultando la humedad final del aceite del orden de 19 ppm. Las muestras se mantuvieron en los frascos a temperatura ambiente por tres meses.

Durante los meses de almacenamiento de los papeles en los frascos de aceite, se produjo un traspaso de humedades, tendiendo a un equilibrio entre la humedad del papel y la humedad del aceite; es decir que para los casos de humedad relativa del papel 0%, se produjo un paso de la humedad del aceite al papel. Para los demás casos se produjo un traspaso de humedad del papel al aceite.

Estas muestras fueron utilizadas para las pruebas de burbujeo y de determinación analítica de los contenidos de humedad, objeto de la experiencia.

3.2 Determinación analítica de la cantidad de agua en las muestras de papel

Al momento de efectuar las pruebas de inmersión de las muestras en los baños de aceite/parafina, también se efectuaron las determinaciones analíticas de humedad en todas las muestras de papel preparadas.

Estas determinaciones se realizaron por el método analítico de Karl-Fischer, obteniéndose los siguientes valores: 0,39%; 0,45%; 1,17%; 1,37%; 1,77%; 2,45%; 4,65% y 4,8%. La Fig. 1 muestra el equipamiento utilizado durante la determinación de la humedad por el método analítico.



Fig. 1. Determinación analítica de la humedad de las muestras

Estos resultados evidencian lo que se había previsto, respecto de que las humedades no coincidieron con las que inicialmente se habían propuesto (0%, 2%, 4% y 6%), debido a que durante los tres meses de

almacenamiento de las muestras se produjo el traspaso de la humedad del papel al aceite donde estaba contenido. A pesar de ello, estos resultados se consideraron válidos a los efectos del presente estudio.

3.3 Determinación del burbujeo en los baños de aceite/parafina

Se prepararon cinco baños de aceite y parafina calentados mediante calefactores eléctricos a temperaturas fijas controladas individualmente por termómetros de mercurio calibrados. Las temperaturas consideradas estaban entre los 120 y 170°C y la cantidad de líquido por baño fue de aproximadamente 800 ml.

Para la elección del baño y la temperatura del mismo se tuvieron en cuenta las características físicas del aceite utilizado (dodecibenceno) y de la parafina, las cuales se indican en la TABLA I.

TABLA I. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL DODECILBENCENO Y DE LA PARAFINA

Temperatura [°C]	Dodecibenceno [2]	Parafina [3]
Fusión	+3	+45 a +97 (*)
Inflamación	+140	+199
Ebullición	+290 a +410 (*)	>350

(*) según la composición

La Fig. 2 muestra los baños utilizados para la determinación del burbujeo.

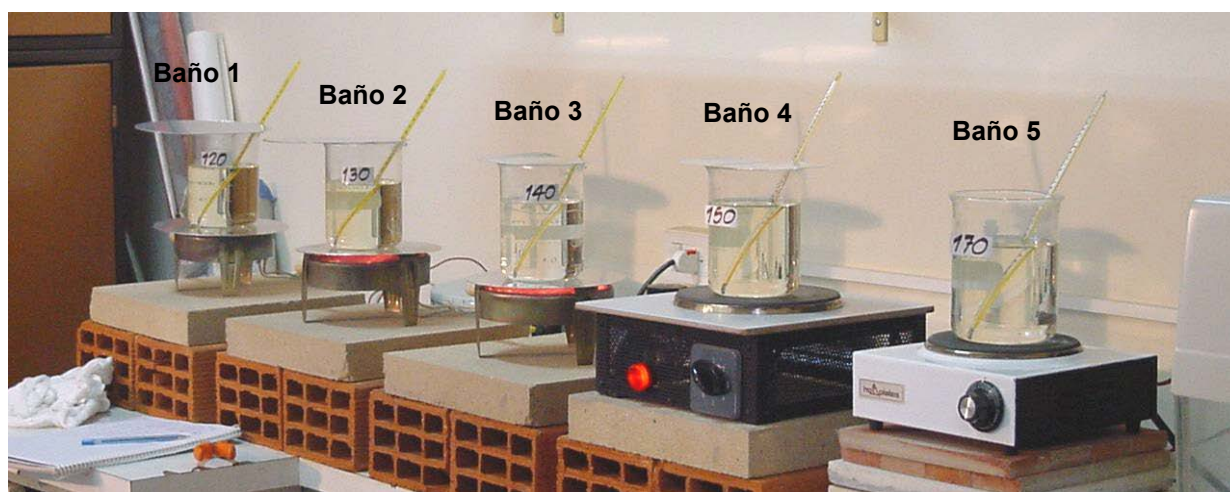


Fig. 2. Baños de aceite/parafina para la experiencia de burbujeo

Las muestras de papel fueron cortadas en tiras de 80 mm x 20 mm, aproximadamente, para ser sumergidas en los baños.

El método consistió en sumergir individualmente estas tiras de papel con diferentes humedades en los baños de aceite/parafina a diferentes temperaturas. Este procedimiento se repitió hasta 5 veces (en algunas muestras) con el fin de obtener más información.

En la inmersión de cada tira de papel se tomó nota de la liberación o no de burbujas. Las Fig. 3 y 4 ilustran la liberación de burbujas en un baño estable (130°C), sumergiendo papeles con contenido de humedad diferente.



Fig. 3. Burbujeo en papel con alto contenido de humedad

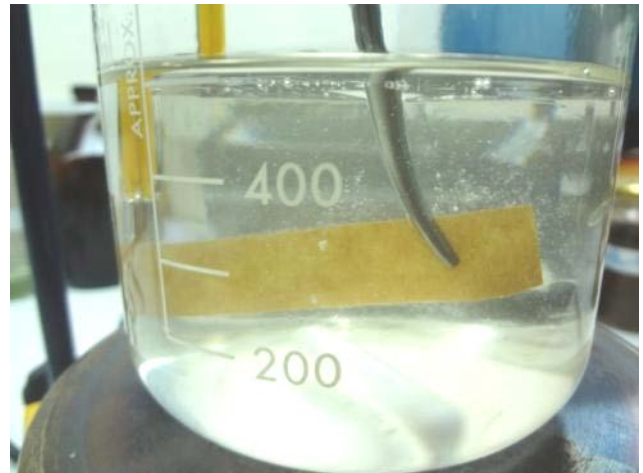


Fig. 4. Burbujeo en papel con moderado contenido de humedad

3.4 Resultados de la experiencia en laboratorio

En la Fig. 5 se presentan los resultados completos de la experiencia realizada. Cada punto del gráfico corresponde a una tira de papel, con una determinada humedad, sumergida en un baño de aceite o parafina a una temperatura fija. En total se sometieron a la experiencia 159 tiras de papel correspondientes a todas las muestras.

Las muestras que no produjeron burbujeo se grafican con rombos azules, y las muestras que produjeron burbujeo con cuadrados rojos.

En dicho gráfico se trazó una curva por debajo de la cual no se observó burbujeo, mientras que por encima de la misma existe una alta probabilidad de aparición de burbujas.

El eje de ordenadas del gráfico de la Fig. 5 corresponde a la temperatura en °C del baño de aceite o parafina y el eje de abscisas muestra el porcentaje en peso de agua de cada muestra, medido por el método de Karl Fischer al momento de realizar la experiencia.

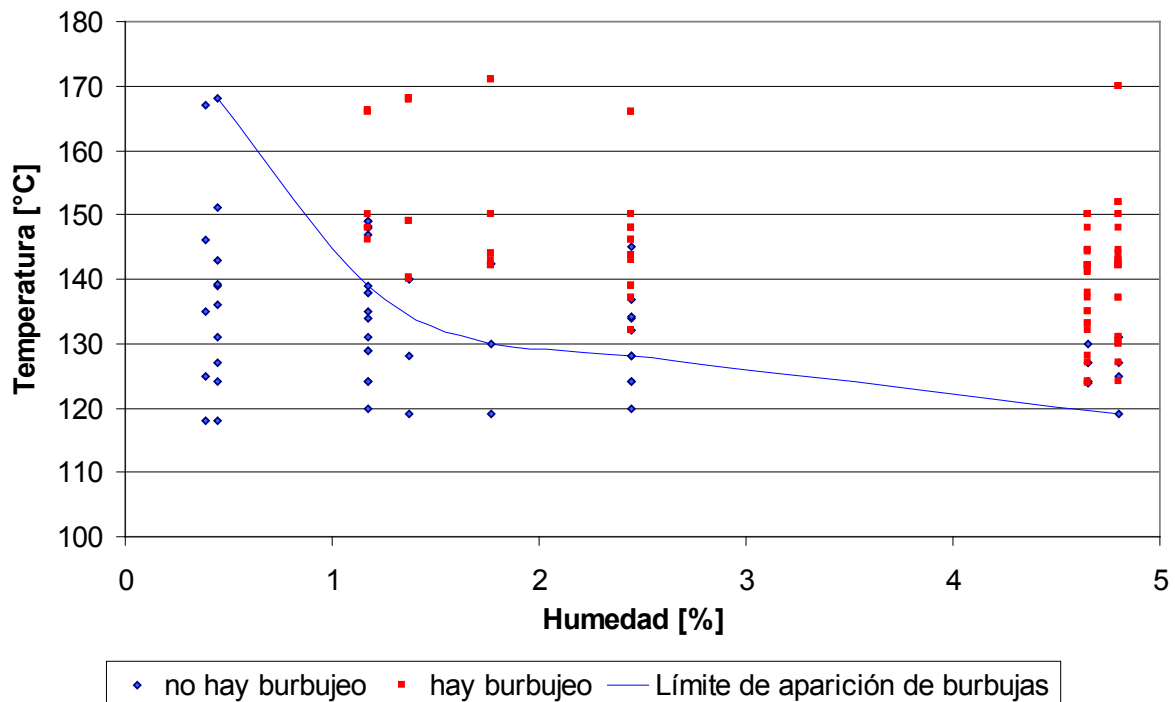


Fig. 5. Aparición de burbujas en función de la humedad de los papeles y la temperatura del baño

Se observa, como resultado de la experiencia realizada, que la temperatura de liberación de burbujas en el papel depende de la humedad del mismo, como se resume en la TABLA II, la cual muestra la máxima temperatura por debajo de la cual no se observaron burbujas.

Puede observarse que los puntos de la TABLA II corresponden a los puntos que definen la curva azul del gráfico de la Fig. 5.

TABLA II. TEMPERATURAS MÁXIMAS POR DEBAJO DE LAS CUALES NO SE DETECTÓ BURBUJEO

Humedad estimada durante la preparación de las muestras [%]	Humedad promedio (humedades medidas) [%]	Temperatura de inicio del burbujeo [°C]
0	0,45	168
	0,39	167
2	1,37	128
	1,17	139
4	2,45	128
	1,77	130
6	4,65	(*)
	4,8	119

(*) para todas las temperaturas indicadas las muestras liberaron burbujas

4 CONCLUSIONES

Se presentó una metodología que permite evaluar cualitativamente el contenido de humedad en papeles aislantes para la construcción de empalmes y terminales de cables OF. Esta metodología permite realizar una rápida, económica y eficaz evaluación del contenido de humedad de los papeles, no sólo en laboratorio, sino también en el campo durante la construcción de los accesorios sin necesidad de recurrir a métodos que insumen tiempo y equipamiento costoso de laboratorio.

Esta metodología es habitualmente utilizada por el IITREE durante la construcción de accesorios de cables OF en campo (Fig. 6 y 7) y en laboratorio para el control de los papeles componentes de los kits de empalmes y terminales como parte de ensayos de recepción de este tipo de elementos (Fig. 8 y 9).

De los resultados de las experiencias se observa que es posible establecer una trazabilidad con el método convencional Karl Fischer.



Fig. 6

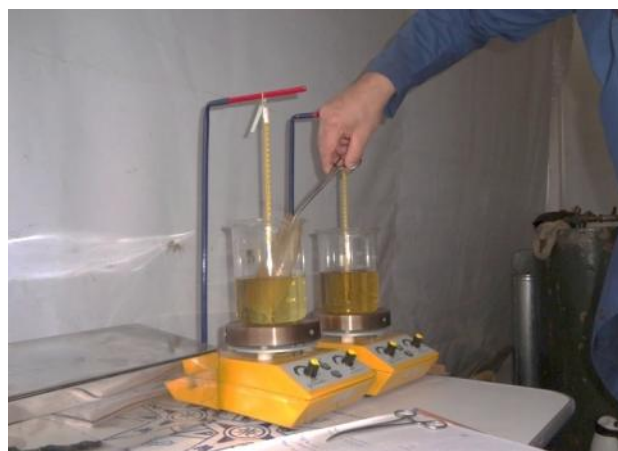


Fig. 7

Aplicación de la metodología en campo



Fig. 8

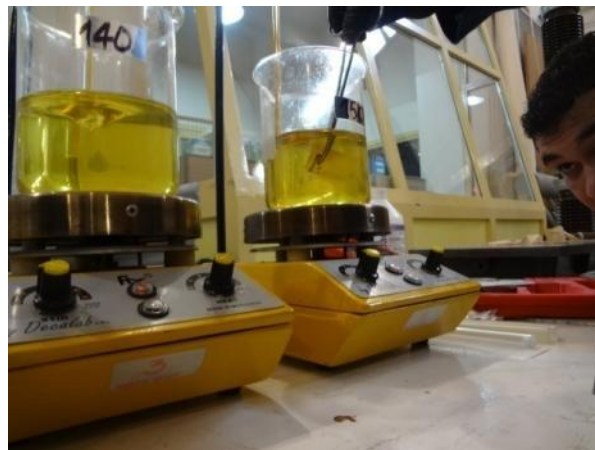


Fig. 9

Aplicación de la metodología en laboratorio

5 REFERENCIAS

- [1] International Standard IEC 60814:1997 "*Insulating liquids – Oil-impregnated paper and pressboard – Determination of water by automatic coulometric Karl Fischer titration*". Second edition 1997-08.
- [2] Fichas Internacionales de Seguridad Química "*Dodecilbenceno. ICSC 0265*". International Programme on Chemical Safety (IPCS), Comisión Europea, agosto 2002.
- [3] Fichas Internacionales de Seguridad Química "*Cera de parafina. ICSC 1457*". International Programme on Chemical Safety (IPCS), Comisión Europea, 2003.