

# Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras.

## VI. Láminas de bajo nivel de retroreflexión

MANUEL BLANCO (\*)  
ANGEL CUEVAS (\*\*)  
FRANCISCA CASTILLO (\*\*\*)

**RESUMEN** Se presentan en este artículo los resultados obtenidos en el estudio del efecto de las condensaciones sobre señales verticales instaladas en la carretera N-111 y constituidas por sustratos de aluminio, acero galvanizado, chapa de hierro y poliéster reforzado con láminas retroreflectantes de nivel 1. Se ha seguido su comportamiento durante dos meses y se han medido sus características ópticas cada cuatro horas a lo largo de la noche, durante el periodo de evaluación.

### ROADS VERTICAL SIGNALIZATION. VI. SHEETS OF LOW LEVEL OF RETROREFLECTION

**ABSTRACT** *In this work, we show the results obtained in the study of the effects of dew on several vertical signs were installed in N-111 Road. They were formed by panels made up of galvanized steel, aluminium, steel plates and polyester and retroreflecting sheets of level 1 or retroreflection. Their performance during two months were made. Measurements of the optical properties were made every four hours during periods from 9 p.m. to 9 a.m. along the evaluation.*

**Palabras clave:** Señalización Vertical; Carreteras; Condensaciones; Propiedades ópticas.

### 1. INTRODUCCIÓN

Las señales verticales de circulación se ven afectadas, negativamente, por el fenómeno de las condensaciones. Las diminutas gotas de agua que se forman sobre las señales, debido a su forma esférica provocan la difusión de los rayos que inciden en las mismas y evitan el proceso de la retroreflexión, responsable de la visibilidad nocturna. Este problema se hace más patente en épocas invernales y en lugares de humedad abundante.

El efecto de las condensaciones sobre la visibilidad de las señales de circulación es un tema muy poco difundido por la bibliografía internacional. En algunos casos se ha tratado de reproducir a nivel de laboratorio las condiciones adecuadas para provocar el fenómeno, pero los resultados no fueron del todo correctos. En otras ocasiones, la experimentación tuvo lugar en campo, con distintos sustratos que iban desde el aluminio hasta la madera, siendo los resultados mejores los que tenían como sustrato el aluminio. No son demasiados los centros de investigación donde se estudia el problema, salvo en alguna Universidad americana y en centros privados en Estados Unidos y Alemania. Es de destacar la labor que se está realizando en este sentido en Hilden (Alemania).

El presente artículo forma parte de un amplio trabajo de investigación realizado por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, a través de la Dirección General de Carreteras y del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). En anteriores ocasiones se han dado a conocer partes parciales del trabajo, tales como el comportamiento de los distintos sustratos que pueden conformar una señal: chapa de hierro, poliéster, acero galvanizado y aluminio, así como la influencia de láminas de nivel 2, en cuanto a su coeficiente de retroreflexión (1, 2, 3, 4, 5, 6).

### 2. MATERIALES

Para llevar a cabo el presente trabajo se han utilizado los sustratos anteriormente mencionados, que en algunos casos se emplearon a modo de "sandwich" con inserción de material aislante a base de poliestireno expandido. La parte retroreflectante, responsable de la visibilidad nocturna, se ha conseguido con láminas de bajo coeficiente de retroreflexión, es decir de nivel 1, según la normativa vigente (7) y procedentes de dos casas comerciales distintas. Las señales utilizadas en cuanto a su constitución, ubicación en la calzada y orientación se describen en la tabla I.

Con todo ello se pretendió comprobar la influencia que tienen los sustratos, que conforman los paneles donde van ubicadas las láminas retroreflectantes, con la visibilidad de las señales durante los periodos de condensación.

Las señales verticales de circulación ensayadas han sido de "Adelantamiento prohibido", R-305, de 90 cm de diámetro.

### 3. TRAMO DE ENSAYO

El campo experimental elegido ha sido la carretera nacional N-111, en las cercanías de la ciudad de Soria, tramo Soria-Medinaceli, que debido a sus condiciones meteorológicas se ha considerado adecuada para este tipo de experimentación.

(\*) Doctor en Ciencias Químicas. Jefe del Sector de Materiales del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX (MOPTMA).

(\*\*) Licenciado en Ciencias Químicas. Jefe de División de Materiales para Señalización del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX (MOPTMA).

(\*\*\*) Doctora en Ciencias Químicas. Jefe de la División de Materiales Orgánicos del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX (MOPTMA).

	SUSTRATO	ORIGEN	SITUACION	
			pp.kk.	ORIENTACION
1	Chapa galvanizada	A	223,010	44° NE
2	Chapa galvanizada	B	223,010	44° NE
3	Chapa galvanizada/ poliestireno	B	222,600	182° SO
4	Chapa galvanizada/ poliestireno	A	222,600	182° SO
5	Aluminio	A	221,550	335° NO
6	Aluminio	B	221,550	335° NO
7	Aluminio/poliestireno	B	220,700	188° SO
8	Aluminio/poliestireno	A	220,700	188° SO
9	Chapa de acero	B	218,650	195° SO
10	Chapa de acero/ poliestireno	B	218,650	195° SO
11	Poliéster	B	217,450	352° NO
12	Poliéster	B	217,450	352° NO
13	Poliéster	A	216,850	190° SO
14	Poliéster	A	216,850	190° SO
15	Poliéster	B	215,250	202° SO
16	Poliéster	A	215,250	202° SO

TABLA I. Descripción de las señales de circulación.

**4. EXPERIMENTAL**

Una vez instaladas las señales de circulación, se determinaron sus características ópticas más importantes en condiciones normales, esto es sin condensaciones. Las propiedades medidas fueron aquellas que permitían determinar su visibilidad diurna (factor de luminancia,  $\beta$  y coordenadas cromáticas) y su visibilidad nocturna (coeficiente de retrorreflexión,  $R'$ ).

Posteriormente, se determinaron las características de las mismas durante sesenta días, entre noviembre de 1992 y febrero de 1993. Las medidas se realizaron cada cuatro horas, en periodos de tiempo comprendidos entre las nueve de la noche y las nueve de la mañana, en tres franjas horarias que se denominaron A, B y C.

**4.1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS**

En cada ensayo se determinó la temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad del viento, cielo cubierto o despejado, estado del tiempo (lluvia, nieve, niebla, hielos). Asimismo, se anotó la temperatura a cada lado del sustrato que conforma las señales.

La medida de la temperatura se realizó con un termómetro de infrarrojos. Cuando la diferencia entre los valores de los puntos 1 ó 3 (2), con relación al 2 es notable, en este último punto la medida de la temperatura se llevó a cabo con un termómetro de contacto (T.C.).

**4.2. ASPECTO**

Se ha comprobado, visualmente, la aparición de manchas sobre las señales verticales de circulación y otros fenómenos ópticos que se producen a lo largo de los ensayos.

**4.3. COLOR Y FACTOR DE LUMINANCIA**

La determinación del color, mediante coordenadas cromáticas (x, y) y el factor luminancia  $\beta$ , se ha llevado a cabo con un espectrocolorímetro portátil empleando un iluminante de la CIE estándar D65, con una geometría 45/0 y con un observador patrón de 2°. (8, 9).

**4.4. COEFICIENTE DE RETRORREFLEXIÓN**

El coeficiente de retrorreflexión  $R'$ , se determinó mediante un retrorreflectómetro portátil con un ángulo de divergencia,  $\alpha$ , de 0,33° y ángulo de incidencia,  $\beta_1$ , de 5° ( $\beta_2 = 0^\circ$ ), empleando un iluminante A de la CIE, cuya temperatura de color es de 2.856 K. (10, 11).

**4.5. PUNTOS DE MEDIDA**

La determinación de las propiedades ópticas de estas señales se han llevado a cabo en los tres puntos indicados. (2).

**5. RESULTADOS**

**5.1. EVALUACIONES DIURNAS**

Los valores obtenidos de la visibilidad diurna (coordenadas cromáticas y factor de luminancia) y visibilidad nocturna (coeficiente de retrorreflexión) de las señales instaladas se indican, respectivamente, en las tablas II y III.

**5.2. EVALUACIONES NOCTURNAS**

Durante la totalidad de las noches en los sesenta días de ensayos correspondientes a los periodos noviembre-diciembre de 1992 y enero-febrero de 1993, se han obtenido una gran cantidad de datos experimentales (12) cuya pre-

Señal nº	ZONAS DE MEDIDA								
	1			2			3		
	x	y	$\beta$	x	y	$\beta$	x	y	$\beta$
1	0,318	0,339	0,42	0,318	0,339	0,43	0,318	0,339	0,43
2	0,319	0,340	0,45	0,318	0,339	0,47	0,318	0,338	0,47
3	0,317	0,339	0,40	0,317	0,338	0,40	0,316	0,338	0,41
4	0,318	0,338	0,41	0,317	0,337	0,43	0,316	0,336	0,43
5	0,316	0,337	0,44	0,316	0,337	0,44	0,316	0,337	0,44
6	0,313	0,333	0,46	0,312	0,332	0,47	0,313	0,332	0,46
7	0,317	0,338	0,43	0,317	0,338	0,43	0,317	0,337	0,44
8	0,317	0,338	0,39	0,317	0,338	0,38	0,317	0,339	0,38
9	0,312	0,333	0,41	0,312	0,332	0,42	0,312	0,332	0,43
10	0,315	0,334	0,40	0,314	0,334	0,40	0,314	0,334	0,40
11	0,318	0,339	0,40	0,317	0,338	0,42	0,318	0,340	0,41
12	0,318	0,339	0,41	0,317	0,339	0,42	0,318	0,340	0,41
13	0,316	0,337	0,43	0,316	0,337	0,43	0,315	0,336	0,44
14	0,315	0,337	0,43	0,315	0,337	0,43	0,316	0,338	0,42
15	0,316	0,337	0,43	0,315	0,337	0,43	0,316	0,337	0,44
16	0,315	0,337	0,40	0,315	0,337	0,40	0,316	0,337	0,40

TABLA II. Coordenadas cromáticas y factor de luminancia.

Señal nº	ZONAS DE MEDIDA		
	1	2	3
1	85	86	89
2	65	86	74
3	75	78	62
4	86	82	84
5	68	78	83
6	68	76	73
7	78	88	78
8	85	83	83
9	117	126	131
10	94	99	119
11	73	66	72
12	71	62	72
13	82	78	73
14	91	86	87
15	69	59	60
16	94	94	99

TABLA III. Coeficiente de retrorreflexión (cd/lx.m<sup>2</sup>).

sentación superaría notablemente la extensión de un artículo científico; por lo que se ha decidido exponer los valores más representativos de una forma gráfica (figuras 1, 2, 3 y 4)

En la tabla IV se presentan los porcentajes de medidas donde se han observado condensaciones en los materiales ensayados.

**6. CONCLUSIONES**

El estudio e interpretación de los resultados obtenidos en las diversas medidas realizadas sobre las señales de circulación con los distintos sustratos permiten destacar los siguientes puntos:

1. Las condiciones idóneas para que se produzcan condensaciones son: humedad relativa elevada, bajas temperaturas y viento en calma, independientemente del tipo de sustrato.
2. Aunque las temperaturas no sean excesivamente bajas, si el grado de humedad es elevado y la velocidad del viento es prácticamente nula, tiene lugar el fenómeno de las condensaciones.
3. Sin embargo, si la humedad relativa es bastante baja, comprendida entre el 60 y el 70%; si la temperatura es, asimismo, muy baja y el viento está en calma se producen condensaciones.
4. Se ha comprobado que la ausencia de viento incrementa, notablemente, la formación de condensaciones sobre la señal. Por el contrario, el viento tiende a transformar las gotas de agua condensadas, de tipo esférico, en una película

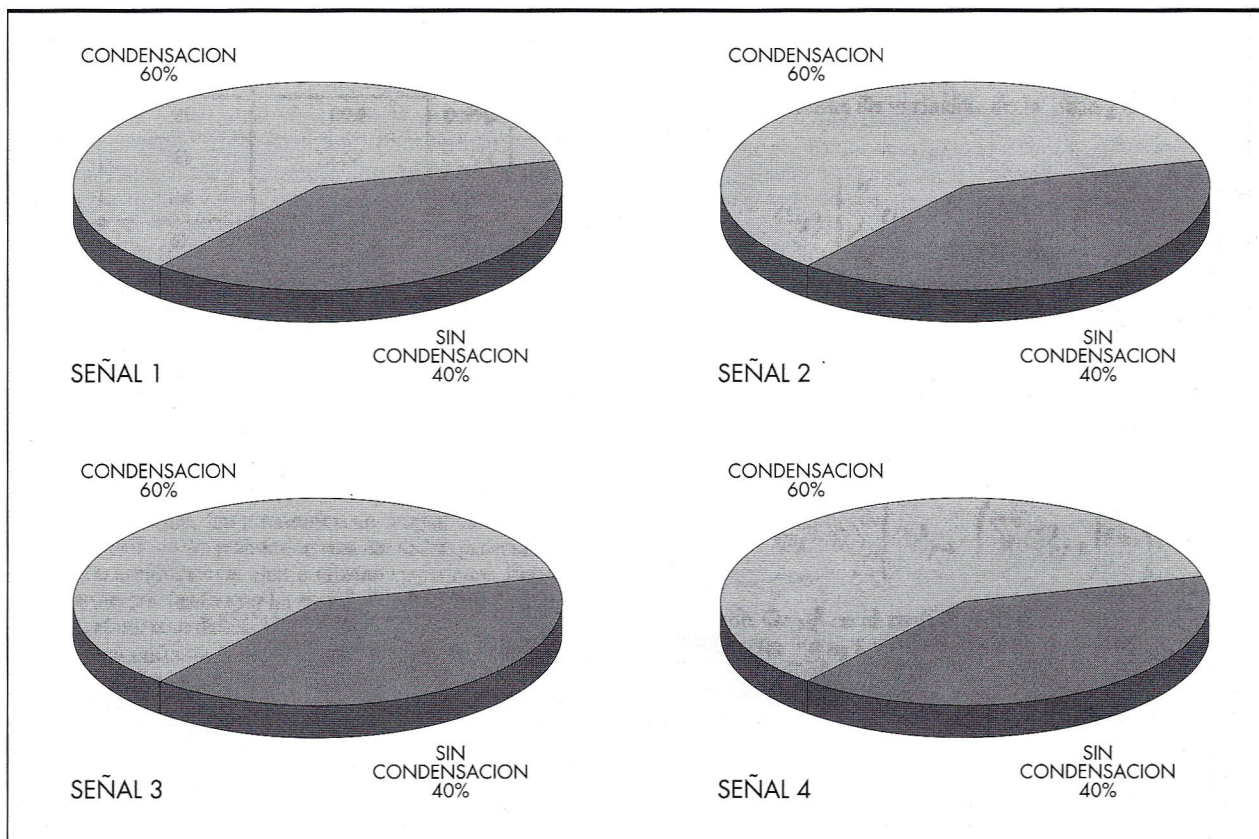


FIGURA 1. Condensaciones observadas en las señales con sustrato de acero galvanizado.

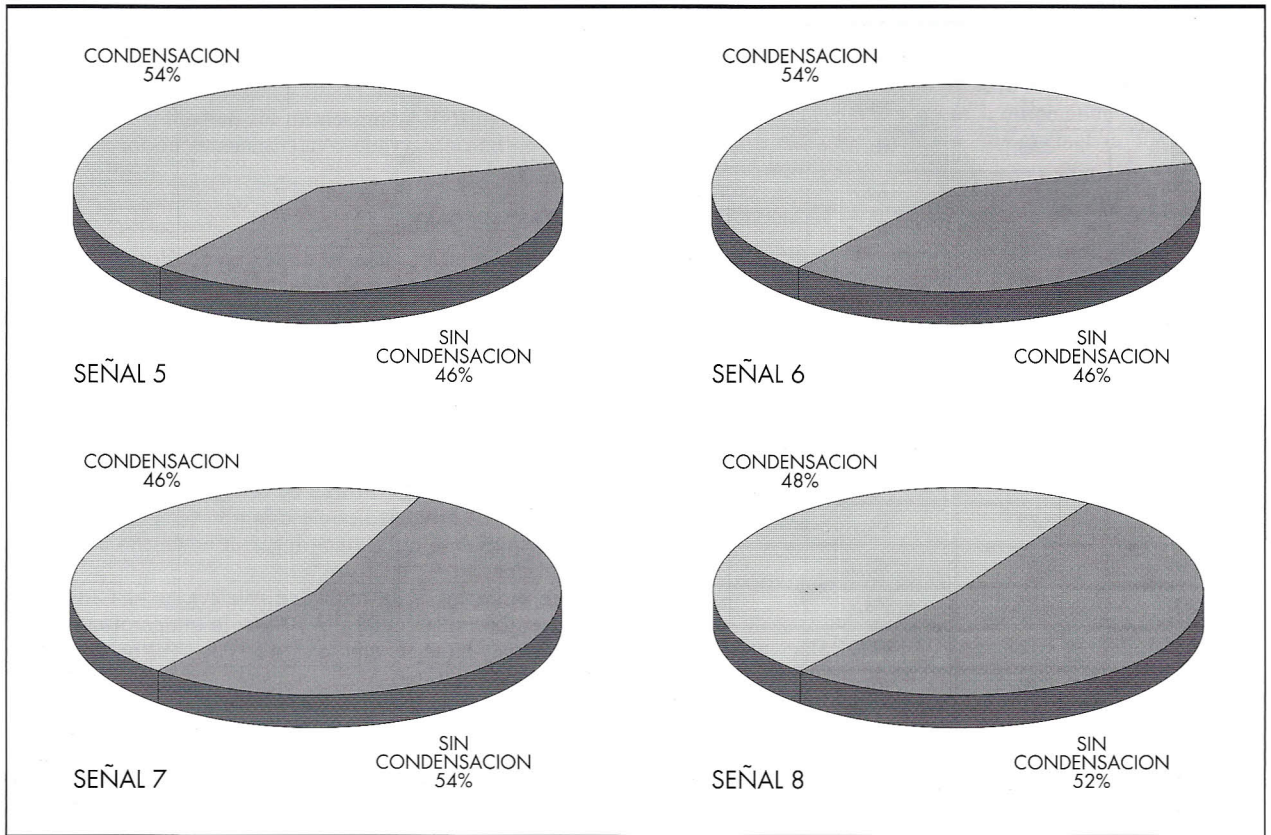


FIGURA 2. Condensaciones observadas en las señales con sustrato de aluminio.

más o menos continua que eliminaría los procesos de difusión de los rayos luminosos que originarían la falta de visibilidad nocturna.

5. Cuando las condiciones meteorológicas son favorables para que se produzcan condensaciones, éstas tienen lugar a primera hora de la noche (hora A). Se comprueba este hecho por los bajos valores de la retrorreflexión. En la segunda medida (hora B) el coeficiente de retrorreflexión aumenta, debido al proceso de formación de una película de

agua, como consecuencia de la unión de las pequeñas gotas depositadas sobre la superficie. Este hecho se acentúa en la última medida de la noche (hora C), en la cual la película de agua ya es uniforme en toda la señal, como lo demuestran los valores elevados que se obtienen en la medida de la retrorreflexión y la desaparición de condensaciones.

6. Cuando la temperatura ambiente es tal que da lugar a la formación de hielo sobre la superficie de la señal, los va-

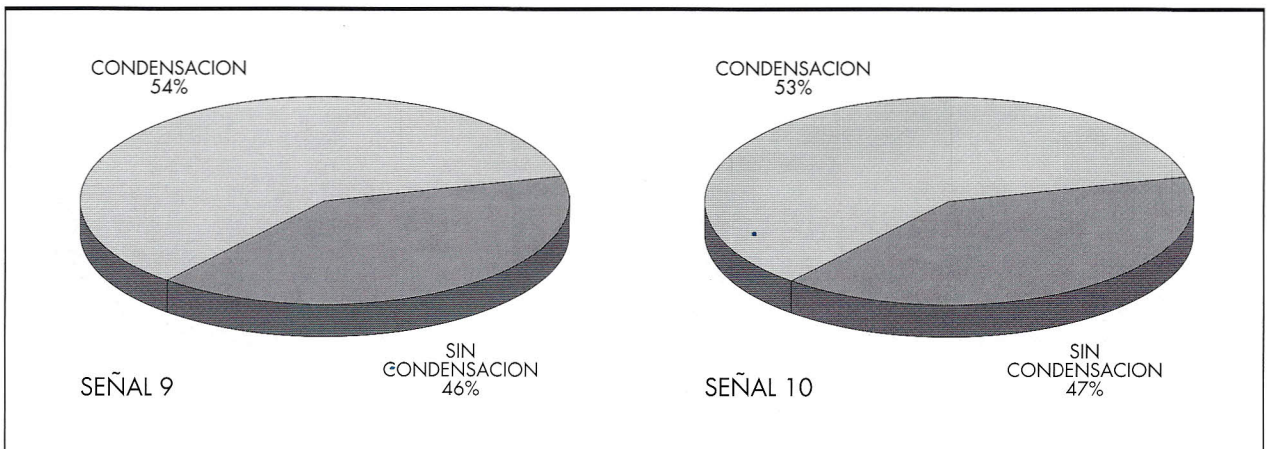


FIGURA 3. Condensaciones observadas en las señales con sustrato de chapa de hierro.

MATERIALES EMPLEADOS	SEÑALES Nº	APARICION DE CONDENSACIONES, % EN FUNCIÓN DE		CONDENSACIONES EN FUNCIÓN DE LA HORA DE MEDIDA, % SOBRE EL TOTAL DE DETERMINACIONES		
		DÍAS	MEDIDAS REALIZADAS	A	B	C
Chapa galvanizada	1 y 2	67	60	79	84	88
Chapa galvanizada/ poliestireno	3 y 4	66	60	77	85	89
Aluminio	5 y 6	62	54	54	95	91
Aluminio/poliestireno	7 y 8	58	47	54	83	91
Chapa de hierro	9	68	54	53	90	85
Chapa de hierro/ poliestireno	10	67	53	50	90	83
Poliéster	11 a 16	70	59	65	85	83

TABLA IV. Porcentaje de medidas con condensaciones observadas en las señales de circulación ensayadas en el tramo experimental.

lores de la retrorreflexión son muy bajos, con lo que la visibilidad nocturna de la señal es prácticamente nula.

7. Los valores muy elevados del coeficiente de retrorreflexión obtenidos en determinados casos, parecen ser debidos a que el día anterior hubo condensación y formación de hielo. Estos procesos llevarían consigo un lavado en la señal, que arrastraría la suciedad de la misma, con la consiguiente mejora de su visibilidad.

8. Cuando tiene lugar la condensación y la formación de hielo, se ha observado que el lugar de la señal donde la retrorreflexión es mayor corresponde al punto 2, es decir a la zona donde en su parte posterior está el poste de sustentación. Este hecho se podría explicar teniendo en cuenta que la disipación de calor en la señal es más rápida en los laterales que en la parte del poste de sustentación, por lo que se originan menores condensaciones en principio en este lu-

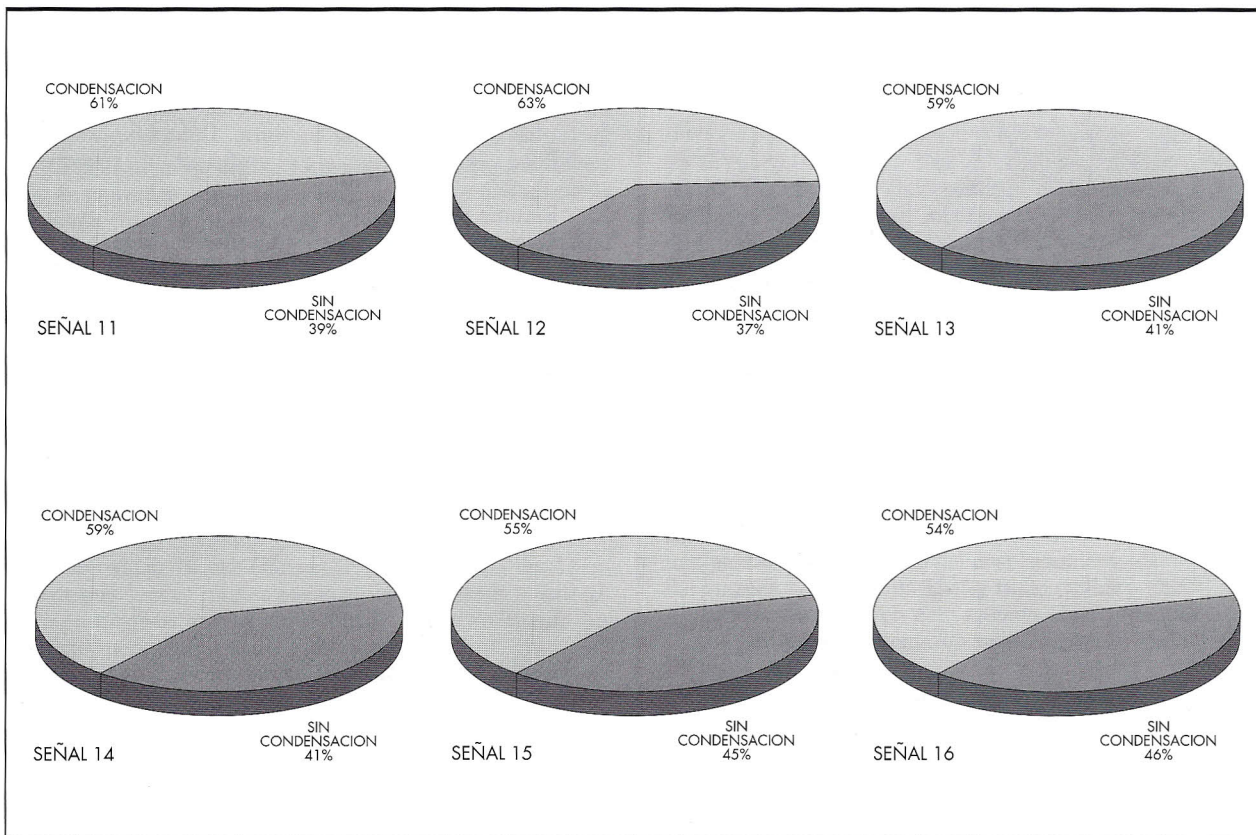


FIGURA 4. Condensaciones observadas en las señales con sustrato de poliéster.

gar. A continuación, la película de agua se forma antes en los laterales que en la zona del poste de sustentación (punto 2), por lo que se invierten los valores de la retrorreflexión, mayores en los laterales que en el centro. No obstante, la introducción de poliestireno expandido entre las chapas metálicas de la señal, confiere una uniformidad en los valores de la retrorreflexión.

9. La pérdida del coeficiente de retrorreflexión en un material retrorreflexivo de nivel 1 es lo suficientemente importante como para que no se vean las señales en épocas de condensaciones.

10. Se ha comprobado que la formación de condensaciones cuando se utilizan sustratos de aluminio es ligeramente inferior con relación al resto de los sustratos evaluados.

11. No se han observado variaciones apreciables entre las láminas retrorreflexivas utilizadas A y B, de distinta procedencia.

12. Las coordenadas cromáticas no se han visto sensiblemente afectadas por el fenómeno de las condensaciones, pero sí el factor de luminancia,  $\beta$ , que se incrementa notablemente, en los casos de hielo y condensación. El hecho de que las mencionadas coordenadas cromáticas no experimenten un cambio apreciable, parece deberse a que los colores blanco, negro y gris se encuentran ubicados en la misma zona del diagrama cromático de la CIE. Sin embargo, el factor de luminancia y el coeficiente de retrorreflexión son dos características ópticas que están relacionadas de forma que al incrementarse una de ellas, disminuye el valor de la otra.

13. La interposición de poliestireno expandido en una señal metálica no ha mejorado considerablemente el número de días donde se han formado condensaciones.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la Dirección General de Carreteras del MOPTMA, la ayuda recibida para la realización de este trabajo, sin la cual hubiera sido imposible llevarlo a cabo. Queremos hacer constar la colaboración y facilidades recibidas por parte de la Unidad de Carreteras de Soria, especialmente al Ingeniero Jefe D. Domingo T. Olivares Martínez. Asimismo, hacemos extensivo este agradecimiento a Tecnival y a Señalizaciones Villar, por los materiales seleccionados y por la fabricación e instalación de las señales.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. BLANCO, M.; CASTILLO, F.; CUEVAS, A. y MONTERO, L. "Efecto de las condensaciones en la visibilidad de las señales verticales de circulación". *Ing. Civil* 89, 121-127 (1993).
2. BLANCO, M.; CUEVAS, A. y CASTILLO, F. "Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras. I. Sustratos de chapa de acero". *Ing. Civil* 94, 21-28 (1994).
3. BLANCO, M.; CUEVAS, A. y CASTILLO, F. "Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras. II. Sustratos de poliéster reforzado con fibra de vidrio". *Rev. Plast. Mod.* (en prensa).
4. GALLIGO, J.M.; BLANCO, M.; CUEVAS, A. y CASTILLO, F. "Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras. III. Sustratos de acero galvanizado". *Rev. Obras Públicas* (en prensa).
5. BLANCO, M.; CUEVAS, A. y CASTILLO, F. "Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras. IV. Sustratos de aluminio". *Carreteras* (en prensa).
6. BLANCO, M.; CUEVAS, A. y CASTILLO, F. "Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras. V. Láminas de elevado nivel de retrorreflexión". *Cimbra* 297, 20-25 (1994).
7. UNE 135 330. "Señalización vertical. Señales retrorreflexivas mediante láminas retrorreflexivas con microesferas de vidrio. Características y métodos de ensayo". (1992).
8. CASTILLO, F. y BLANCO, M. "Importancia de la medida del color en la seguridad vial". *Ing. Civil* 76, 99-110 (1990).
9. CASTILLO, F. y BLANCO, M. "Problemática de la determinación del color en materiales retrorreflexivos". *Ver y oír* 47, 29-40 (1990).
10. CASTILLO, F. y BLANCO, M. "Importancia de la retrorreflexión en la seguridad vial I. Visibilidad nocturna en la señalización vertical". *Ing. Civil* 77, 3-10 (1990).
11. UNE 135 350. "Señalización vertical. Láminas retrorreflexivas por microesferas de vidrio. Determinación de la visibilidad nocturna mediante el coeficiente de retrorreflexión". (1992).
12. "Estudio de los fenómenos ópticos observados en los materiales retrorreflexivos empleados en la señalización vertical y que afectan a su visibilidad". *Dirección General de Carreteras*. Clave TT-041-91 (1993).