Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras

I. Sustratos de chapa de acero

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

RESUMEN. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el estudio del efecto de condensaciones sobre dos señales verticales instaladas en la carretera N-111 y constituidas por sustratos de chapa de acero y láminas retrorreflectantes 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 período de evaluación.

ROADS VERTICAL SIGNALIZATION. I. SUPPORTS OF STEEL PLATES

ABSTRACT. *In this work, we show the results obtained in the study of the effects of dew on two vertical signs were installed in N-111 Road. They were formed by panels made up of steel plates and retroreflecting sheets of level 1 of retroreflection. Their performance during two months wew 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; Comportamiento; Humedad; Propiedades ópticas.

1. INTRODUCCION

Un problema observado con frecuencia en nuestro país, fundamentalmente en invierno, es la falta de visibilidad de las señales verticales de circulación en horas nocturnas, por efecto de las condensaciones.

Debido a la gran tensión superficial del agua, la condensación aparece como diminutas gotas esféricas que dan lugar a fenómenos ópticos indeseables. Su formación sobre los materiales retrorreflectantes, afectan de forma negativa al fenómeno de la retrorreflexión (figura 1).

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 Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) (1). Este primer documento se centra sobre los efectos de las condensaciones en señales cuyo sustrato es chapa de acero.

2. MATERIALES

Se han ensayado dos señales verticales de circulación de «adelantamiento prohibido», R-305, de 90 cm de diámetro, constituidas una de ellas por un sustrato de chapa de hierro (señal A) y la otra, por dos chapas de hierro entre las que se ha insertado poliestireno expandido (señal B). Como parte retrorreflectante se ha hecho uso de una lámina de nivel 1 de retrorreflexión.

3. CAMPO DE ENSAYO

Para que el fenómeno de las condensaciones tenga lugar, han de darse ciertas condiciones meteorológicas o ambientales. Este fenómeno se ve favorecido con cielos despejados, ausencia de viento y una humedad del aire elevada. La frecuencia y duración del fenómeno varía con factores como el clima, lugar, estación del año y condiciones atmosféricas.

La zona de pruebas elegida 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. Las señales se colocaron en el punto kilométrico 218,650 de la citada carretera con una orientación de 190° SO.

4. EXPERIMENTAL

Una vez instaladas las señales de circulación, se han efectuado una serie de medidas sobre las mismas. Posteriormente, se determinaron sus características durante dos meses, entre noviembre de 1992 y febrero de 1993. Las medidas se realizaron cada cuatro horas, en períodos de tiempo comprendidos entre las nueve de la noche y las nueve de la mañana.

4.1. CONDICIONES METEOROLOGICAS

En cada evaluación se midió la temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad del viento, cielo cubierto o despejado, estado del tiempo (lluvia, nieve, niebla, hielos). Asimismo, se

(*) 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 la 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).

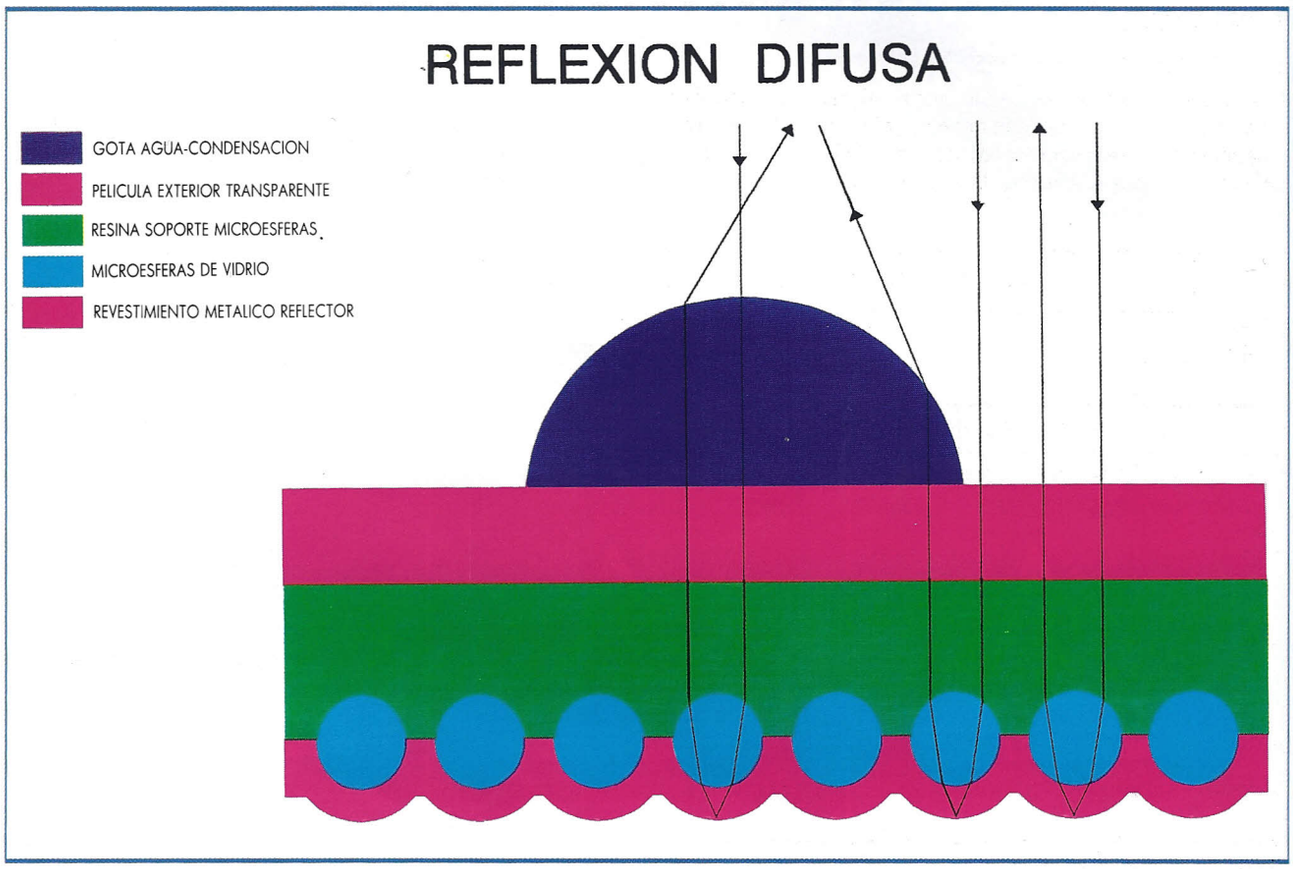

FIGURA 1. Efecto de las condensaciones sobre una lámina retrorreflectante empleada en la señalización vertical de carreteras.

anotó la temperatura en el anverso y reverso de cada una de las señales.

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

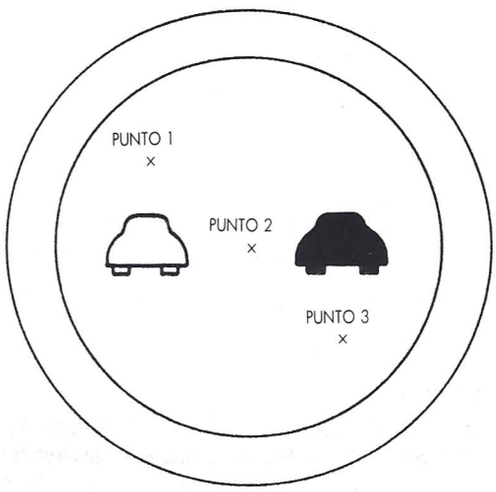

FIGURA 2. Zonas de medida en cada señal.

Se ha observado, en varios casos, una diferencia apreciable entre la temperatura ambiente y la temperatura de la señal.

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 de luminancia β, se ha llevado a cabo con un espectrocolorímetro portátil empleando un iluminante patrón de la CIE D65, con una geometría 45/0 y con un observador patrón de 2° (2, 3 y 4).

4.4. COEFICIENTE DE RETRORREFLEXION

El coeficiente de retrorreflexión R', se determinó mediante un retrorreflectómetro portátil con un ángulo de divergencia, α, de 0,33° y ángulo de incidencia, β_1, de 5° ($\beta_2 = 0°$), empleando un iluminante A de la CIE, cuya temperatura de color es de 2.856 k (5 y 6).

4.5. PUNTOS DE MEDIDA

La determinación de las características ópticas de las señales se han llevado a cabo en los tres puntos de las zonas señaladas en la figura 2.

5. RESULTADOS

5.1. EVALUACIONES INICIALES

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 1 y 2.

SEÑAL n.º	ZONAS DE MEDIDA								
	1			2			3		
	x	y	B	x	y	B	x	y	B
A	0,312	0,333	0,41	0,312	0,332	0,42	0,312	0,332	0,43
B	0,315	0,334	0,40	0,314	0,334	0,40	0,314	0,334	0,40

TABLA 1. Coordenadas cromáticas y factor de luminancia.

SEÑAL n.º	ZONAS DE MEDIDA		
	1	2	3
A	117	126	131
B	94	99	119

TABLA 2. Coeficiente de retrorreflexión, cd/lx.m^2.

5.2. EVALUACIONES PERIODICAS

La gran cantidad de datos experimentales obtenidos de las medidas realizadas durante las noches correspondientes a los meses de noviembre-diciembre de 1992 y enero-febrero de 1993 (7), en las señales con sustrato de chapa de acero, nos impide reflejarlos en este trabajo, pues sobrepasan con mucho la extensión de un artículo científico. Por ello, citaremos los relacionados más estrechamente con la visibilidad nocturna, empleando para ello la ayuda de gráficos.

En las figuras 3 y 4 se representan los porcentajes de medidas con aparición de condensación que se han producido en las señales A y B, respectivamente, a lo largo de los sesenta días de evaluación, a las tres horas de medida y en los tres puntos considerados de las señales.

Las figuras 5 y 6 muestran los valores del coeficiente de retrorreflexión, para las distintas horas de medida en que se han producido condensaciones durante los dos meses de control, en las señales A y B, respectivamente. Para una mayor claridad las figuras 7 y 8 presentan los valores de la retrorreflexión medidos en el año 1992 y 1993, respectivamente, en la señal A. Análogamente, las figuras 9 y 10 muestran la visibilidad nocturna en los años 1992 y 1993, respectivamente, en la señal B. Los coeficientes de retrorreflexión que aparecen en los diagramas de barras, corresponden al punto 2 (retro 2), esto es a la zona del poste de sustentación, y a la media aritmética de los valores obtenidos en los puntos 1 y 3.

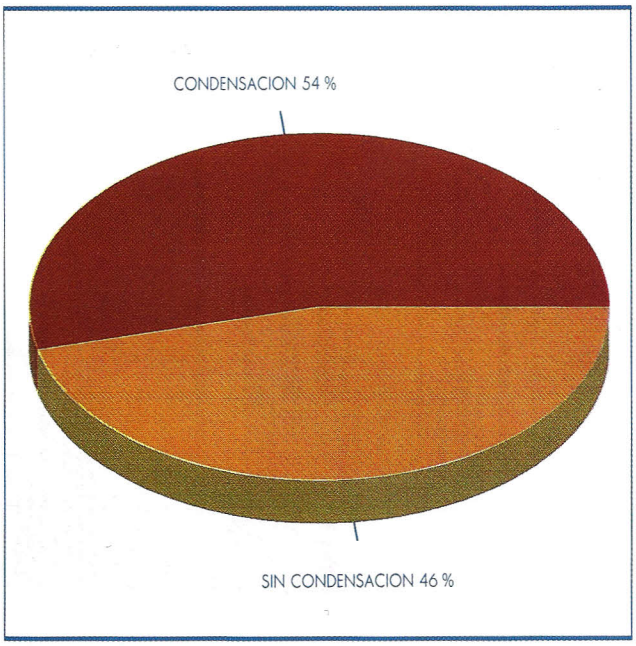

FIGURA 3. Señal A. Porcentaje de medidas con aparición de condensaciones a lo largo de la inspección.

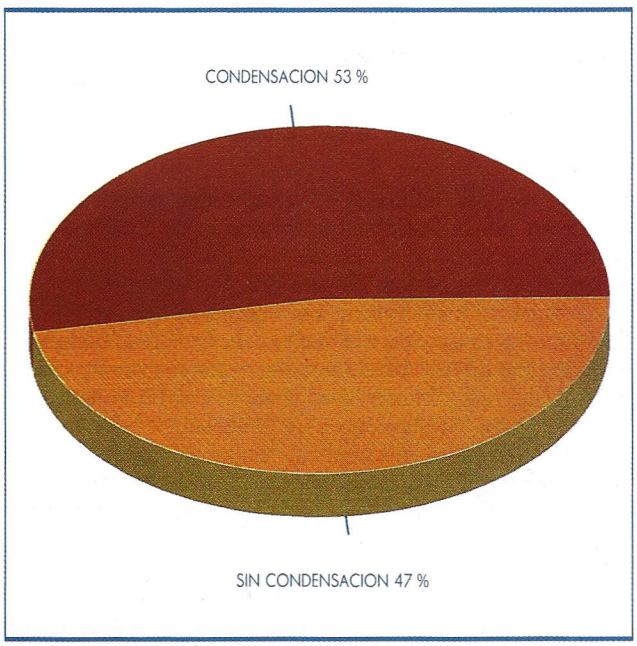

FIGURA 4. Señal B. Porcentaje de medidas con aparición de condensaciones a lo largo de la inspección.

6. CONCLUSIONES

El estudio e interpretación de los resultados obtenidos en las diversas medidas realizadas sobre las señales consideradas nos permite destacar los siguientes puntos:

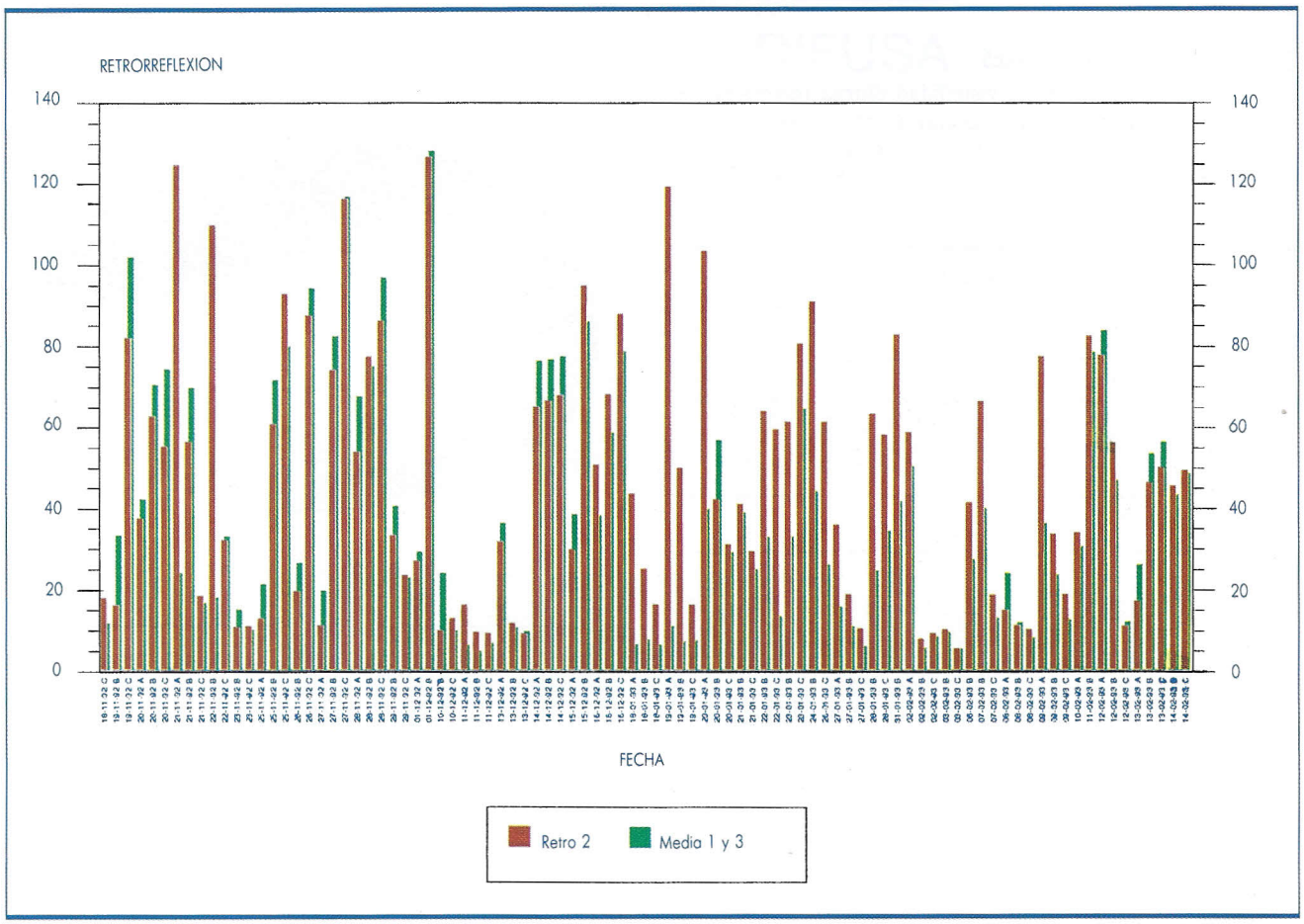

FIGURA 5. Señal A. Coeficiente de retrorreflexión para todas las horas de medida a lo largo de los dos meses de inspección.

1. Una elevada humedad relativa, bajas temperaturas y viento en calma, favorecen la formación de condensaciones sobre la señal, tal es el caso de las determinaciones realizadas el día 21 de noviembre de 1992.
2. Aunque las temperaturas no sean muy bajas, si la humedad relativa es elevada y el viento está en calma, tiene lugar el fenómeno de las condensaciones, como pudo comprobarse, entre otros casos, el correspondiente al día 18 de noviembre de 1992, hora C (última hora de la noche).
3. Con humedades relativamente bajas, del orden del 69 %, si la temperatura es, asimismo, baja y en ausencia de viento se producen condensaciones, como es el caso de la evaluación efectuada el día 11 de diciembre de 1992, hora de medida B.
4. Se ha comprobado que la ausencia de viento incrementa, notablemente, la formación de condensaciones sobre la señal. De la misma forma, en condiciones favorables de condensaciones, 95 % de humedad relativa y temperaturas de 6,2°C, una velocidad del viento de 15 km/h impide este fenómeno, como ocurrió en la evaluación efectuada en la señal A, el día 3 de diciembre de 1992, hora de medida A, es decir, a primera hora de la noche.
5. Cuando las condiciones meteorológicas son favorables para que se produzcan condensaciones, éstas suelen tener lugar a primera hora de la noche (hora A). Se comprueba este hecho por los bajos valores de la retrorreflexión (día 27 de noviembre de 1992. Hora A). En la segunda medida (hora B del mismo día) 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 valores de la retrorreflexión son muy bajos, con lo que la visibilidad nocturna de la señal es nula. Tal es el caso del día 18 de enero de 1993.
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. Un ejemplo lo encontramos el día 29 de enero de 1993, hora A.
8. Las coordenadas cromáticas no se han visto sensiblemente afectadas por el fenómeno de las condensaciones, pero sí el factor de luminancia que se incrementa notablemente, en los casos de condensación con hielo. El hecho de que las coordenadas cromáticas no experimenten un cambio aprecia-

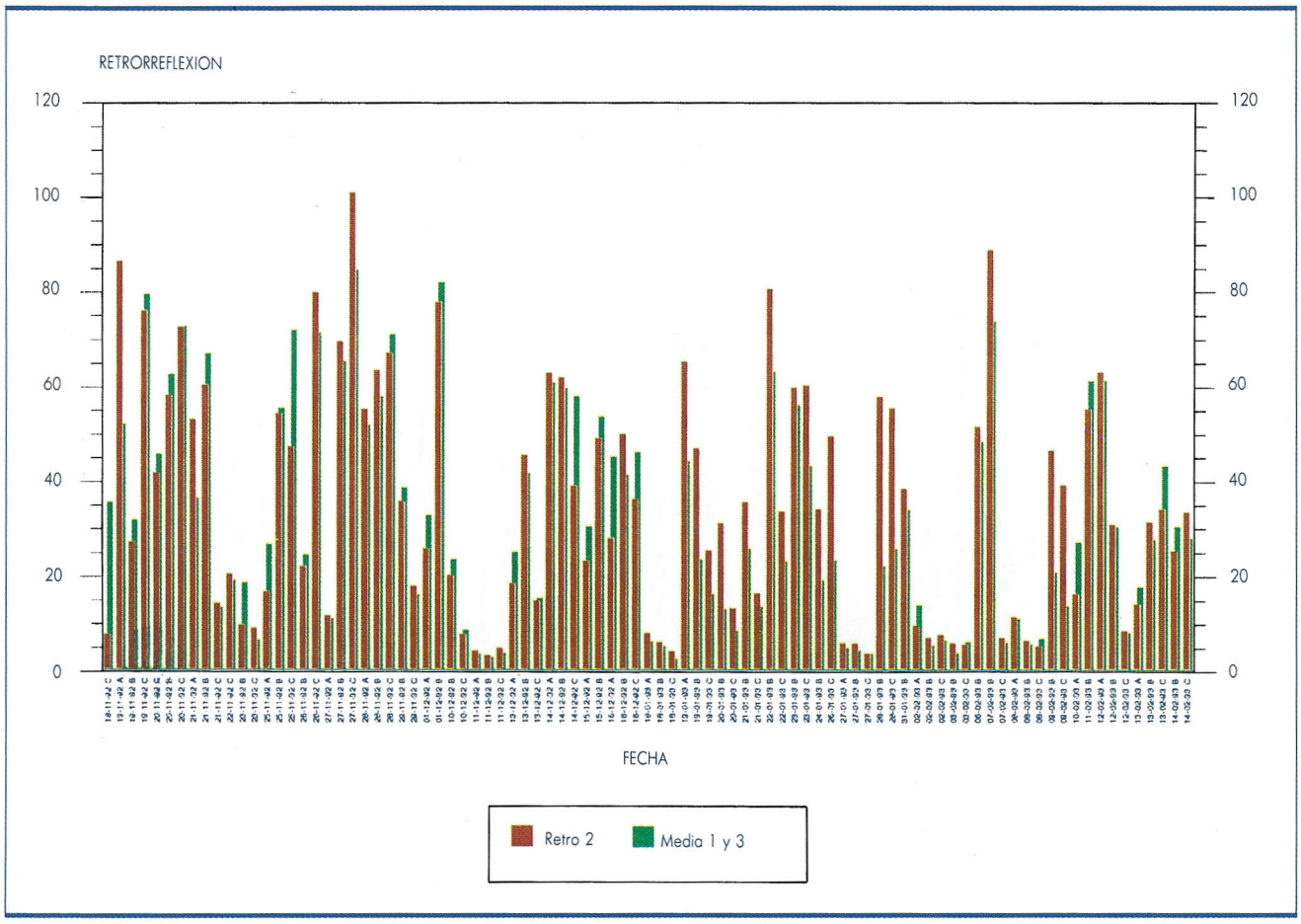

FIGURA 6. Señal B. Coeficiente de retrorreflexión para todas las horas de medida a lo largo de los dos meses de inspección.

ble, puede deberse a que los colores blanco, negro y gris se encuentran 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.

9. Las señales se han evaluado durante 60 días, de los cuales en 40 de ellos se observó el fenómeno de la condensación, lo que representa un 67 %. Las medidas efectuadas durante los 60 días han sido 169, detectándose condensaciones en la señal A en 91 ocasiones, esto es un 54 % de los casos y, en la señal B en 89 (53 % de las veces).

10. La hora de medida influyó en la aparición del fenómeno. Así a primera hora de la noche (hora de medida A) se produjeron condensaciones en la señal A en 21 días, lo que representa un 53 %; mientras que en la B se detectaron en 20 de los días (50 %). A la hora de medida B las condensaciones tuvieron lugar en ambas señales en 36 días (90 %) y en la hora de medida C las condensaciones se detectaron en 34 días (85 %) en la señal A y en 33 días (83 %) en la señal B.

11. Como se ha podido observar, la interposición de un poliestireno expandido no ha mejorado apreciablemente la disminución del fenómeno de las condensaciones.

12. Por último, destacar el elevado porcentaje de días en que este fenómeno óptico, producido por las condensaciones, se ha detectado en estas señales y en esta carretera, si bien el tramo experimental elegido para el estudio parecía, evidentemente, idóneo.

7. AGRADECIMIENTO

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, también, hacer constar la ayuda y facilidades prestadas por la Unidad de Carreteras de Soria y en especial a su ingeniero jefe don Domingo T. Oliveros Martínez. Asimismo, hacemos extensivo este agradecimiento a Señalizaciones Villar, por los materiales seleccionados y por la fabricación e instalación de las señales.

8. BIBLIOGRAFIA

1. BLANCO, M.; CASTILLO, F.; CUEVAS, A., y MONTERO, L. (1993). «Efecto de las condensaciones en la visibilidad de las señales verticales de circulación». *Ing. Civil*, **89**, 121-127.

2. CASTILLO, F., y BLANCO, M. (1990). «Importancia de la medida del color en la seguridad vial». *Ing. Civil*, **76**, 99-110.

3. CASTILLO, F., y BLANCO, M. (1990). «Problemática de la determinación del color en materiales retrorreflectantes». *Ver y Oír*, **47**, 29-40.

4. UNE 135 330. *Señalización vertical. Señales retrorreflectantes mediante láminas retrorreflectantes con microesferas de vidrio. Características y métodos de ensayo.* (1992).

5. CASTILLO, F., y BLANCO, M. (1990). «Importancia de la

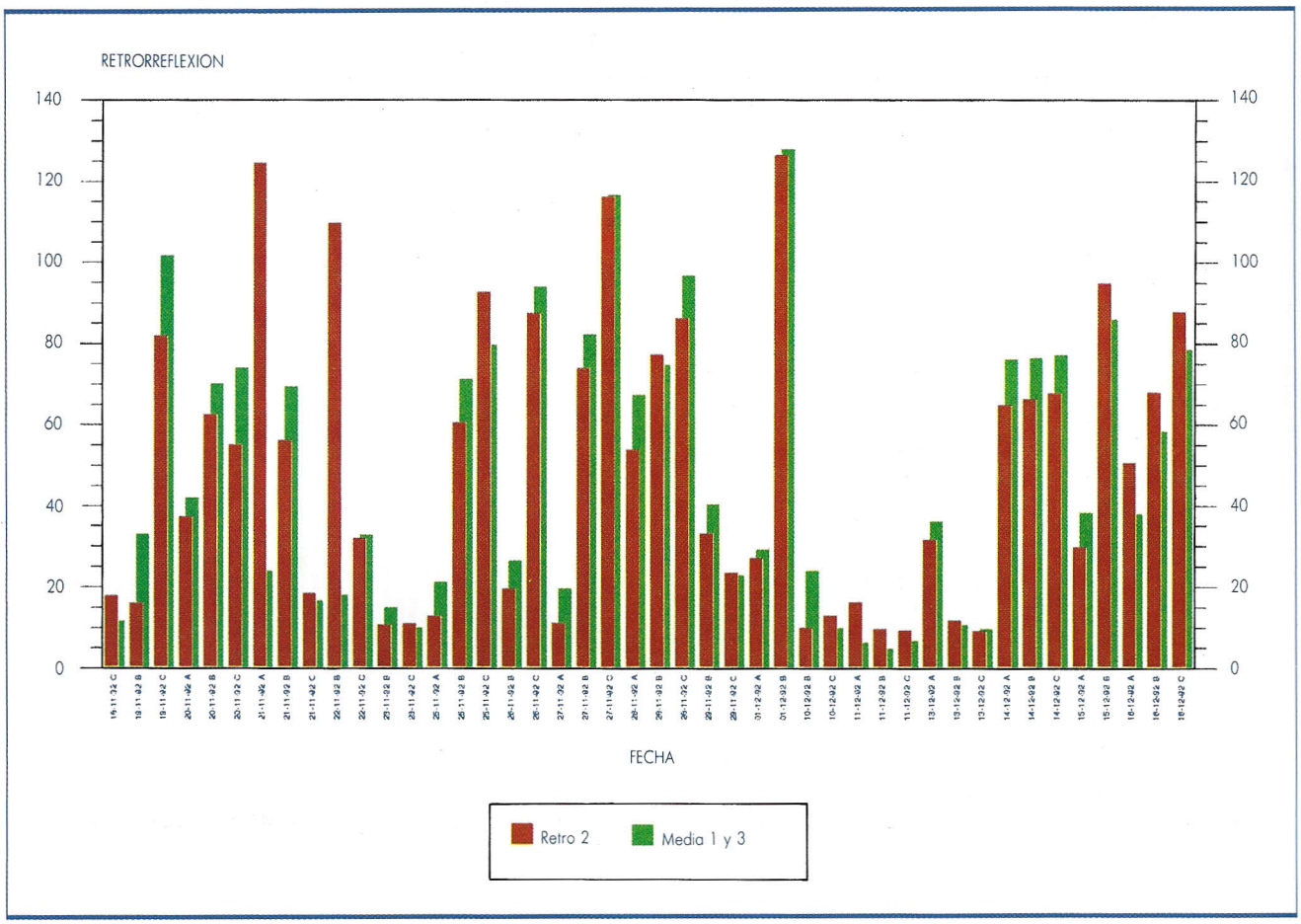

FIGURA 7. Señal A. Valores de los coeficientes de retrorreflexión obtenidos para todas las horas de medida a lo largo del período experimental de 1992.

retrorreflexión en la seguridad vial I. Visibilidad nocturna en la señalización vertical». *Ing. Civil,* **77**, 3-10.

6. UNE 135 350. *Señalización vertical. Láminas retrorreflectantes por microesferas de vidrio. Determinación de la visibilidad nocturna mediante el coeficiente de retrorreflexión.* (1992).

7. *Estudio de los fenómenos ópticos observados en los materiales retrorreflectantes empleados en la señalización vertical y que afectan a su visibilidad.* (1993). Datos no publicados. Dirección Gral. Carreteras. Clave TT-041-91. Informes XVIII y XIX.

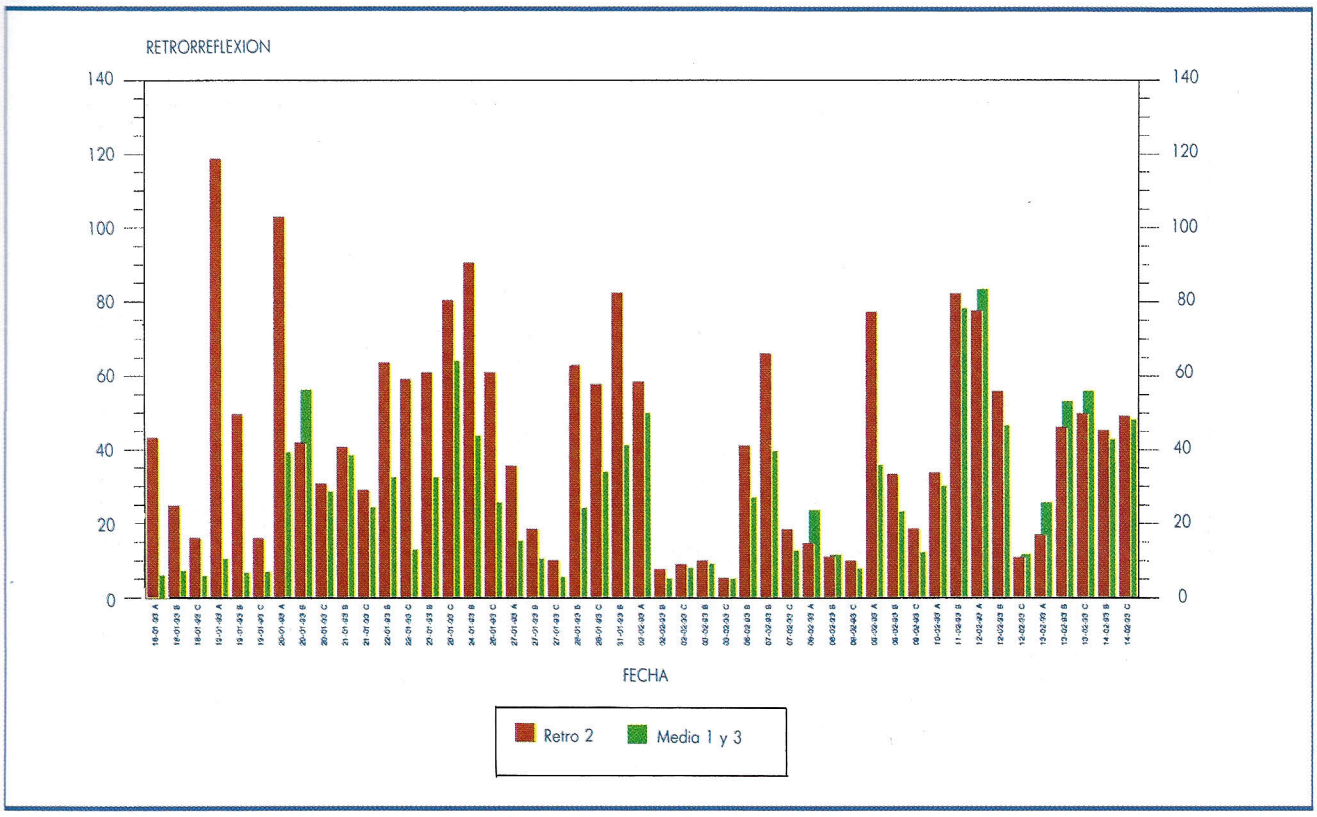

FIGURA 8. Señal A. Valores de los coeficientes de retrorreflexión obtenidos para todas las horas de medida a lo largo del período experimental de 1993.

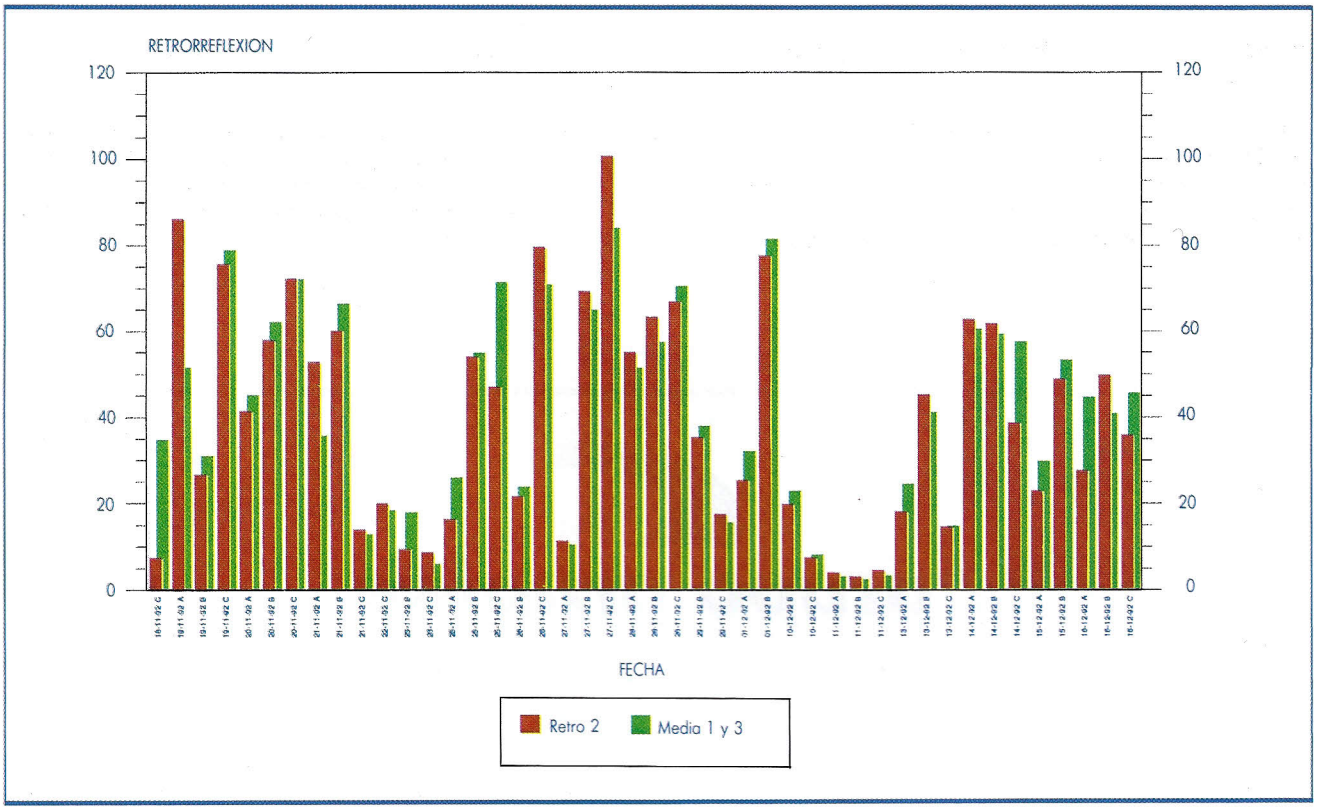

FIGURA 9. Señal B. Valores de los coeficientes de retrorreflexión obtenidos para todas las horas de medida a lo largo del período experimental de 1992.

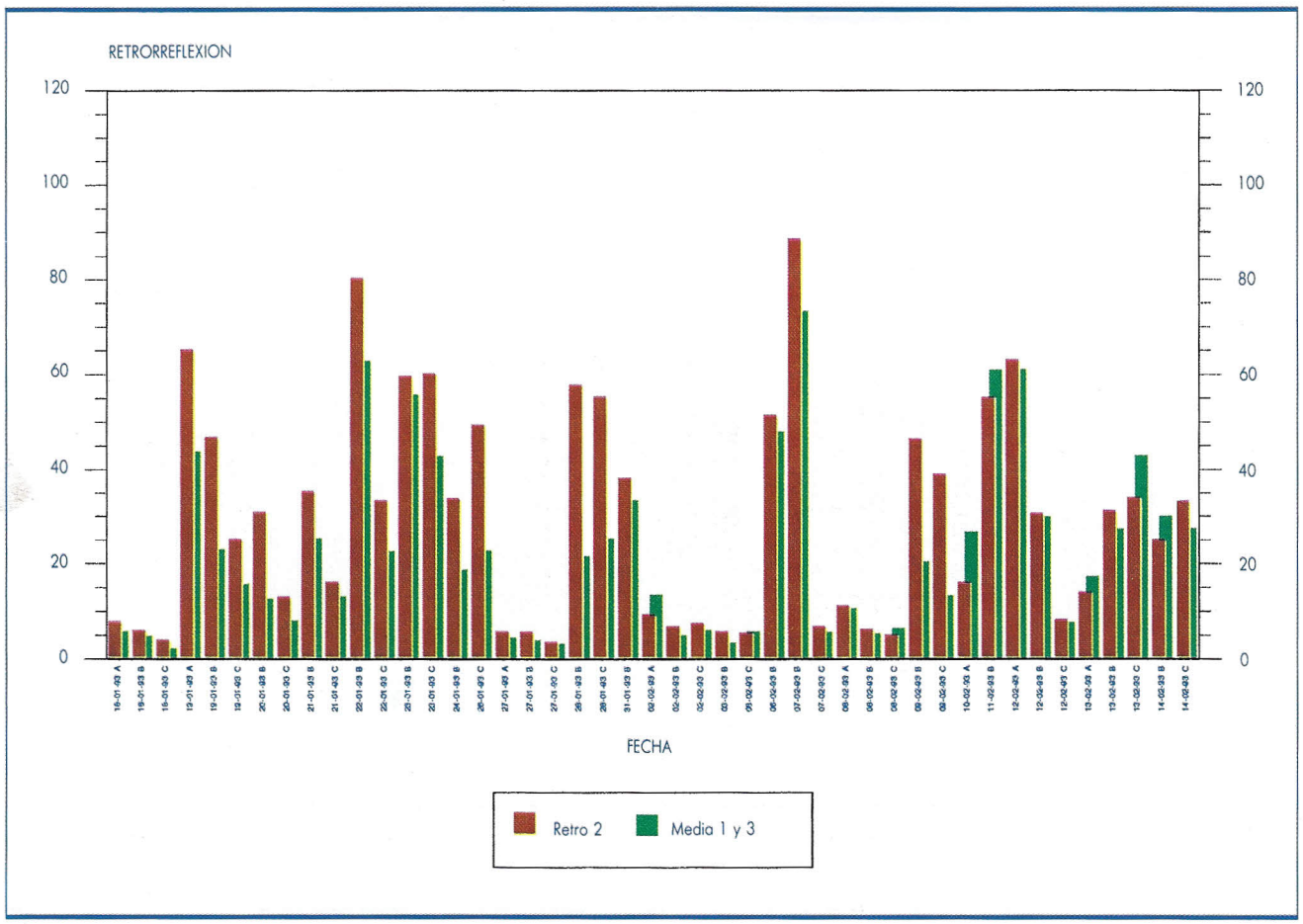

FIGURA 10. Señal B. Valores de los coeficientes de retrorreflexión obtenidos para todas las horas de medida a lo largo del período experimental de 1993.

grupo grupisa

CAMBIO DE DOMICILIO

GRUPISA comunica a todos sus clientes, proveedores y colaboradores, que a partir del día 17 DE JULIO próximo, sus Oficinas Centrales estarán en San Sebastián de los Reyes (Madrid), Avenida Fuentenueva, 14 - Teléfono 651 11 00 - Telefax 651 90 51