

# EFFECTO DE LAS CONDENSACIONES DE HUMEDAD EN LA SEÑALIZACION VERTICAL DE CARRETERAS.

## II. SUSTRATOS DE POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO

Por M. BLANCO, A. CUEVAS y F. CASTILLO (\*)

### RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el estudio del efecto de las condensaciones de humedad sobre señales verticales de circulación instaladas en la carretera N-111 y constituidas por sustratos de poliéster reforzado y láminas poliméricas retrorreflektantes 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.

### ABSTRACT

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

(\*) Laboratorio Central de Estructuras y Materiales. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX-MOPTMA).

### 1. INTRODUCCIÓN

Los materiales poliméricos se están introduciendo día a día con mayor profusión en las obras públicas. El campo de la impermeabilización (1-3) es quizás el que en la actualidad hace un mayor uso de ellos. La protección anticorrosiva (4) tiene en los materiales macromoleculares orgánicos su amplio campo. El mundo de la carretera en sus distintas vertientes, aunque de una forma más lenta ha comenzado a hacer uso de este tipo de materiales, tanto desde el punto de vista de su construcción propiamente dicha (5) como de elementos singulares tales como apoyos de puentes de policloropreno y juntas de pavimentos de hormigón (6), sin olvidar la importancia de la protección de tableros de puente (7).

El dominio de la seguridad vial es, por otra parte, un tema de los que más preocupa al ciudadano y que, a su vez, es un índice del grado de nivel de vida de un país. Los plásticos en sus diversas modalidades han sido los pioneros en la señalización horizontal. Los poliésteres, con sus diversas modificaciones, se han convertido en los denominados «materiales tradicionales» para los pavimentos flexibles de base bituminosa. El nuevo Plan de Autovías del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente ha introducido en bastantes ocasiones pavimentos rígidos, donde la presencia del hormigón destrozaba a los clásicos poliésteres que constituían la marca vial, debi-

do a la saponificación de los grupos «éster» del polímero (8); las investigaciones llevadas a cabo en el campo de los materiales orgánicos macromoleculares han conducido al empleo de nuevos materiales que obviarán dicho problema. En este tipo de trabajo, se debe tener en cuenta, además, una serie de parámetros como es el tipo de secado para evitar la interrupción del tráfico, la durabilidad y estabilidad del color, puesto que las características ópticas de estos materiales empleados en la seguridad vial, son propiedades prioritarias (9 y 10). Como fruto de estas investigaciones, la delegación española en este sector, ocupa la Presidencia del Grupo Europeo encargado de la elaboración de la norma única para los países de la UE y de la EFTA, dentro del marco del Comité Europeo de Normalización (CEN).

En la señalización vertical de carreteras los materiales poliméricos se están empleando en forma de láminas retrorreflectantes, recubrimientos y en ciertos elementos de balizamiento, si bien su utilización como sustratos de las señales verticales de tráfico es muy incipiente. Aunque hace una serie de años, problemas en un mal uso de los pigmentos han hecho fracasar la introducción de estos materiales en este área de la Tecnología; hoy día dicho problema está, bajo nuestro punto de vista, superado (11). No obstante, los inconvenientes encontrados en la señalización vertical, tales como, durabilidad y deficiente visibilidad nocturna, fundamentalmente, en épocas con condiciones meteorológicas adversas, es lo que ha motivado la realización de este trabajo.

Un problema observado con frecuencia en nuestro país es la falta de visibilidad de las señales verticales de circulación en horas nocturnas. La condensación de la humedad presente en la atmósfera tiene lugar cuando por la radiación emitida por el cuerpo sólido hace descender la temperatura por debajo del punto de rocío del aire ambiental.

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, normalmente acrílicos y policarbonatos, 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 Geneal de

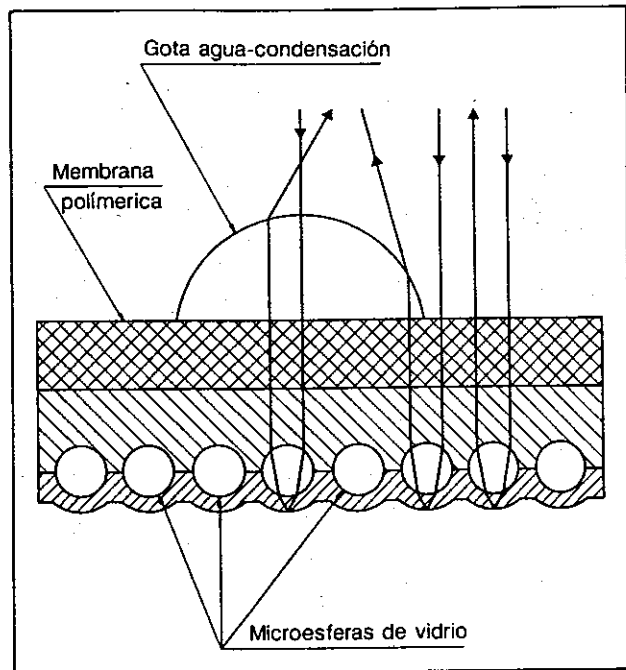


Fig. 1.—Efecto de las condensaciones de humedad sobre una lámina polimérica retrorreflectante empleada en la señalización vertical de carreteras.

Carreteras y del Centro de Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) (12 y 13). Este segundo documento se centra sobre los efectos de las condensaciones en señales cuyo sustrato es poliéster reforzado con fibra de vidrio.

## 2. MATERIALES

Se han utilizado seis señales verticales de circulación de «Adelantamiento prohibido», R-305, de 90 cm. de diámetro, constituidas por poliéster reforzado con fibra de vidrio (12), que se referencian con los números 1 al 6, en función de sus características ópticas iniciales. Como parte retrorreflectante se ha hecho uso de una lámina de nivel 1 de retrorreflexión (14).

## 3. TRAMO EXPERIMENTAL

Para que el fenómeno de las condensaciones tenga lugar, han de darse ciertas condiciones meteorológicas. 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.

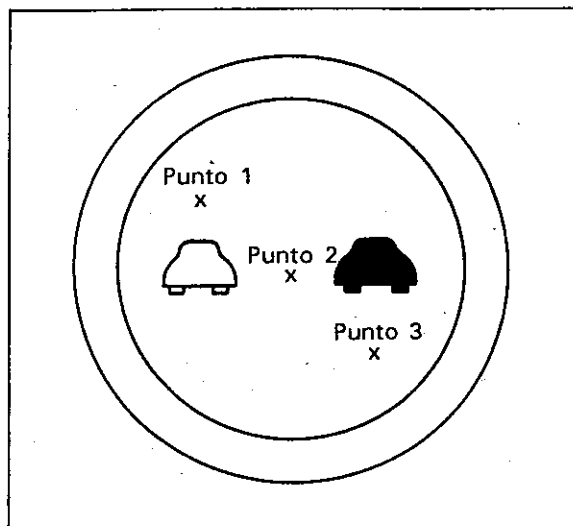


Fig. 2.—Zonas de medida en las señales de poliéster reforzado con fibra de vidrio.

El campo experimental elegido ha sido la carretera nacional N-111, en las cercanas 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 entre los puntos kilométricos 215,250 y 217,450.

## 4. EXPERIMENTAL

Inicialmente, se han efectuado una serie de medidas sobre las señales. Posteriormente, se determinaron las características de las mismas durante dos meses, entre noviembre de 1992 y febrero de 1993. Las medidas se realizaron cada cuatro horas, en periodos comprendidos entre las nueve de la noche y las nueve de la mañana (franja horaria A, B y C).

### 4.1. Condiciones meteorológicas

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

La medida de temperatura se realizó con un termómetro de infrarrojos. Cuando la diferencia de temperatura entre los puntos 1 ó 3 (Figura 2), con relación al 2 fue notable, en este último punto la medida de la tempe-

ratura 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 del periodo experimental.

### 4.3. Color y factor de luminancia

La determinación del color, mediante coordenadas cromáticas ( $x$ ,  $y$ ) y el factor de luminancia  $\beta$ , se ha llevado a cabo con un espectrocolorímetro portátil empleando un iluminante patrón de la CIE (Comité Internacional de Iluminación) D65, con una geometría 45/0 y con un observador patrón de 2° (15, 16).

### 4.4. Coeficiente de retroreflexión

El coeficiente de retroreflexión  $R'$ , se determinó mediante un retrorreflectómetro portátil con un ángulo de divergencia,  $\alpha$ , de 0,33 ° y ángulo de incidencia,  $\beta_1$ , de 5 ° ( $\beta_2=0$  °), empleando un iluminante A de la CIE, cuya temperatura de color es de 2856 K. (17 y 18).

### 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

Señal nº	Zonas de medida								
	1			2			3		
	x	y	$\beta$	x	y	$\beta$	x	y	$\beta$
1	0,318	0,339	0,40	0,317	0,338	0,42	0,318	0,340	0,41
2	0,318	0,339	0,41	0,317	0,339	0,42	0,318	0,340	0,41
3	0,316	0,337	0,43	0,316	0,337	0,43	0,315	0,336	0,44
4	0,315	0,337	0,43	0,315	0,337	0,43	0,316	0,338	0,42
5	0,316	0,337	0,43	0,315	0,337	0,43	0,316	0,337	0,44
6	0,315	0,337	0,40	0,315	0,337	0,40	0,316	0,337	0,40

retroreflexión) de las señales instaladas se indican, respectivamente en las tablas I y II.

### 5.3. Evaluaciones periódicas

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 (19), sobre las señales con sustrato de poliéster reforzado con fibra de vidrio nos impide reflejarlos de forma numérica, pues sobrepasan con mucho la extensión de un artículo. En la figura 3 se representan los porcentajes de medidas con aparición de condensaciones que se han producido en las señales, a lo largo de los sesenta días de evaluación a las tres horas de medida y en los tres puntos considerados de las señales.

## 6. CONCLUSIONES

El estudio e interpretación de los resultados obtenidos en las diversas medidas realizadas sobre las señales consideradas permite establecer las siguientes conclusiones:

TABLA II  
COEFICIENTE DE RETRORREFLEXION, cd/lx.m<sup>2</sup>

Señal nº	Zonas de medida		
	1	2	3
1	73	66	72
2	71	62	72
3	82	78	73
4	91	86	87
5	69	59	60
6	94	94	99

1.—Un 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.

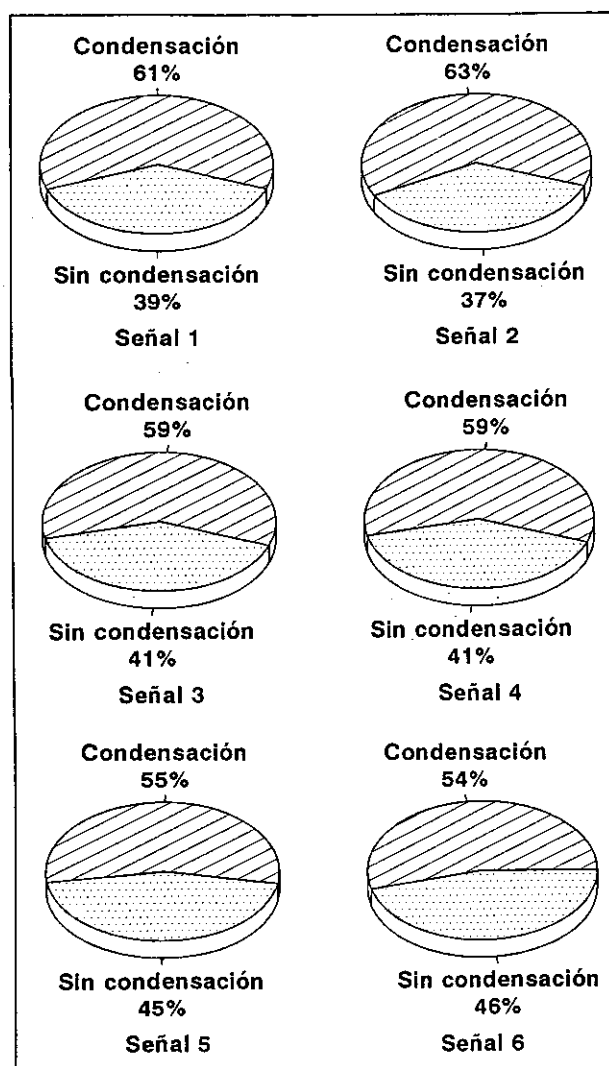


Fig. 3.—Porcentaje de medidas con aparición de condensaciones a lo largo de la evaluación en las señales con sustrato de poliéster reforzado con fibra de vidrio, objeto de la investigación.

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 retroreflexión (día 27 de noviembre de 1992. Hora A). En la segunda medida (hora B del mismo día) el coeficiente de retroreflexión 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 retroreflexión 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 retroreflexión 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 retroreflexión 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 con un  $\tau$  no se han visto sensiblemente afectada. 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 apreciable, 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 retroreflexión 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 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 en 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, es 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. 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, también, hacer constar la colaboración y facilidades prestadas por la Unidad de Carreteras de Soria y en especial a

su Ingeniero Jefe D. Domingo T. Oliveros Martínez. Asimismo, hacemos extensivo este agradecimiento a Tecnivial por la preparación de los materiales y el suministro de las señales, así como a Señalizaciones Villar por la instalación de las mismas.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- (1) R. M. Paroli, O. Dutt, I. Rodríguez de Sancho y M. Blanco. «Characterization of Bitumens Using High Performance Gel Permeation. Chromatography and Thermal Analysis for Improving Performance of Bitumen/Polymer Blends for Waterproofing». *Proc. Int. Roofing*, 418-430 (1992).
- (2) M. Blanco y E. Aguiar. «Comportamiento de láminas de poli(cloruro de vinilo) plastificado, utilizadas en la impermeabilización de balsas en el norte de Tenerife». *Ing. Civil*, 88, 5-20 (1993).
- (3) I. Rodríguez de Sancho y M. Blanco. «The Influence of Bitumen's Chemical Composition in Bitumen/APP Compounds for Waterproofing Purposes». *Proc. Roofing Technol.*, 26, 1-26, Montreal (1991).
- (4) J. J. Ortega, M. Blanco y A. Cuevas. «La protección con pintura del acero estructural». Colección Manuales y Recomendaciones CEDEX, R3. Editorial Novocamp. Madrid (1986).
- (5) J. J. Ortega, M. Blanco y A. Cuevas. «Modificación de los ligantes bituminosos para su empleo en pavimentos flexibles». *Trabalhos Técnicos Inst. Bras. de Petróleo*, 696-716, Rio de Janeiro (1981).
- (6) M. Blanco, F. Castillo, A. Cuevas e I. Rodríguez de Sancho. «A Contribution to the Study of Joints on Concrete Pavements». *Proc. Concrete Roads*, Vol. I, 171-175 (1990).
- (7) J. J. Ortega, M. Blanco y A. Cuevas. *Impermeabilización de tableros de puentes*. Colección Cuadernos de Investigación CEDEX, C3. Madrid (1982).
- (8) M. Blanco, A. Cuevas, R. Nieto e I. Rodríguez de Sancho. «La problemática de la señalización horizontal de carreteras sobre pavimentos rígidos». *Proc. Int. Conf. Roads*, 30. La Habana (1992).
- (9) F. Castillo, M. Blanco y R. Nieto. «Importancia de la retrorreflexión en la seguridad vial II. Visibilidad nocturna en las marcas viales». *Ing. Civil*, 78, 84-88 (1991).
- (10) F. Castillo y M. Blanco. «Traffic Signing Requirements». *Ing. Civil*, 89, 131-137 (1993).
- (11) F. Castillo y M. Blanco. «Normalización de materiales empleados en señalización vial». *Rutas*, 36, 33-41 (1993).
- (12) F. Castillo y M. Blanco. «Los materiales poliméricos en señalización vertical de carreteras». *XIX Jorn. Carreteras*. Toledo (1992).
- (13) M. Blanco, F. Castillo, A. Cuevas y L. Montero. «The Effect of condensation of the legibility of Traffic Signing». *Ing. Civil*, 89, 121-127, 1993.
- (14) UNE 135 330. «Señalización vertical. Señales retrorreflectantes mediante láminas retrorreflectantes con microesferas de vidrio. Características y métodos de ensayo» (1992).
- (15) F. Castillo y M. Blanco. «Importancia de la medida del color en la seguridad vial». *Ing. Civil*, 76, 99-110 (1990).
- (16) F. Castillo y M. Blanco. «Problemática de la determinación del color en materiales retrorreflectantes». *Ver y Oír*, 47, 29-40 (1990).
- (17) F. Castillo y M. Blanco. «Importancia de la retrorreflexión en la seguridad vial I. Visibilidad nocturna en la señalización vertical». *Ing. Civil*, 77, 3-10 (1990).
- (18) UNE 135 350. «Señalización vertical. Láminas retrorreflectantes por microesferas de vidrio. Determinación de la visibilidad nocturna mediante el coeficiente de retrorreflexión». (1992).
- (19) «Estudio de los fenómenos ópticos observados en los materiales retrorreflectantes empleados en la señalización vertical y que afectan a su visibilidad». Dirección Gral. Carreteras. Clave TT-041-91. Informes XX al XXV. (1993).