

Efecto de las condensaciones en la visibilidad de las señales verticales de circulación

The effect of condensation on the legibility of traffic signing

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

RESUMEN. Un problema frecuente observado en nuestro país, fundamentalmente en la época invernal, es la falta de visibilidad de las señales verticales de circulación. Ante el peligro que comporta este hecho para el usuario de la carretera, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes, a través de la Dirección General de Carreteras y el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX, han iniciado un trabajo experimental conducente al mejor conocimiento de este fenómeno óptico.

Se ha elegido como campo experimental de pruebas la carretera nacional N-111, en las proximidades de la ciudad de Soria, zona que por sus características es bastante propicia al fenómeno a estudiar. Para ello se han instalado una treintena de señales, todas ellas de «adelantamiento prohibido», constituidas por distintos materiales retrorreflectantes y sustratos.

ABSTRACT. A frequent problem which occurs in Spain, mainly in the winter, is the poor legibility of road traffic signs. In view of the danger to road users, the Ministry of Public Works and Transport, through the Directorate General for Roads and the CEDEX Central Structures and Materials Laboratory, has started an experimental programme to gain more information about this optical phenomenon.

The road chosen to carry out the experiments was the N-111 national highway in the vicinity of the city of Soria, an area which is fairly prone to the phenomenon under study because of its particular features. Thirty «No Overtaking» road signs were installed using different materials in the composition of the retroreflecting sections and bases of the signs.

INTRODUCCION

Ante el problema de la falta de visibilidad nocturna en las señales verticales de circulación, que se observa durante ciertas épocas del año, en determinadas zonas de nuestro país, y la falta de seguridad que ello conlleva, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes de España, a través de su

Dirección General de Carreteras y del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX, están realizando un trabajo de investigación en este sentido.

Para ello se ha elegido como zona de pruebas la carretera N-111, en las cercanías de la ciudad de Soria, que debido a sus condiciones me-

INTRODUCTION

faced with the problem of poor night-time legibility of road traffic signs which occurs during certain times of the year in various regions of Spain and the risk to safety that this implies, the Spanish Ministry of Public Works and Transport through its Directorate General for Roads and the CEDEX Central Structures and Materials Laboratory

are carrying out research into this phenomenon.

The N-111 National Highway in the vicinity of the town of Soria was chosen as the site to carry out test as the meteorological conditions in the area are ideal for this type of experiment.

A series of traffic signs were installed, all «No Overtaking»

(*) Dr. en Ciencias Químicas. Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX (IMOPT).

(**) Dra. en Ciencias Químicas. Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX (IMOPT).

(***) Licenciado en Ciencias Químicas. Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX (IMOPT).

(****) Licenciado en Ciencias Químicas. Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX (IMOPT).

teorológicas podría ser idónea para este tipo de experimentación.

Por otro lado, se han instalado una serie de señales, todas ellas de «adelantamiento prohibido», con diferentes tipos de sustratos y empleando distintas láminas retrorreflektantes.

Como sustrato de la señal se han utilizado placas de acero galvanizado, aluminio, chapa de hierro, placas metálicas en cuyo interior se ha interpuesto poliestireno expandido y, por último, poliéster reforzado con fibra de vidrio. A su vez, como zona retrorreflektante se ha hecho uso de diversos materiales procedentes de diferentes casas comerciales y de distintos niveles de retrorreflexión.

Las medidas de las características ópticas, principalmente el coeficiente de retrorreflexión, se realizan durante dos meses, entre noviembre y febrero, determinándose las características cada 4 horas, y en períodos de tiempo que van de las 9 de la noche a las 9 de la mañana.

El trabajo pretende, de una parte, comprobar la influencia que tienen los distintos sustratos que conforman los sustratos, donde van ubicadas las láminas retrorreflektantes, en la visibilidad de las señales en períodos de condensaciones y, de otra, los posibles efectos inherentes a las láminas retrorreflektantes.

MATERIALES

Las señales verticales de circulación de «adelantamiento prohibido» ensayadas estaban constituidas por sustratos de distintos materiales y láminas retrorreflektantes de diferentes niveles de retrorreflexión y fabricantes; dichas señales se describen a continuación en la Tabla 1.

Los materiales metálicos que constituyen el sustrato del panel han sido chapa de

NUMERO NUMBER	SUSTRATO BASE	LAMINA RETRORREFLEKTANTE RETROREFLECTING LAMINA	
		NIVEL LEVEL	PROCEDENCIA SOURCE
1	CHAPA GALVANIZADA GALVANIZED PLATE	1	A
2	CHAPA GALVANIZADA GALVANIZED PLATE	1	B
3	CHAPA GALVANIZADA/POLIESTIRENO GALVANIZED PLATE/POLYSTYRENE	1	B
4	CHAPA GALVANIZADA/POLIESTIRENO GALVANIZED PLATE/POLYSTYRENE	1	A
5	CHAPA GALVANIZADA GALVANIZED PLATE	2	A
6	CHAPA GALVANIZADA GALVANIZED PLATE	2	B
7	CHAPA GALVANIZADA/POLIESTIRENO GALVANIZED PLATE/POLYSTYRENE	2	B
8	CHAPA GALVANIZADA/POLIESTIRENO GALVANIZED PLATE/POLYSTYRENE	2	A
9	ALUMINIO ALUMINIUM	1	A
10	ALUMINIO ALUMINIUM	1	B
11	ALUMINIO/POLIESTIRENO ALUMINIUM/POLYSTYRENE	1	B
12	ALUMINIO/POLIESTIRENO ALUMINIUM/POLYSTYRENE	1	A
13	ALUMINIO ALUMINIUM	2	A
14	ALUMINIO ALUMINIUM	2	B
15	ALUMINIO/POLIESTIRENO ALUMINIUM/POLYSTYRENE	2	B
16	ALUMINIO/POLIESTIRENO ALUMINIUM/POLYSTYRENE	2	A
17	CHAPA DE ACERO STEEL PLATE	1/2	B
18	CHAPA DE ACERO/POLIESTIRENO STEEL PLATE/POLYSTYRENE	1/2	B
19	POLIESTER POLYESTER	1	A
20	POLIESTER POLYESTER	1	A
21	POLIESTER POLYESTER	1	A
22	POLIESTER POLYESTER	1	B
23	POLIESTER POLYESTER	1	B
24	POLIESTER POLYESTER	1	B

TABLA 1. Descripción de las señales de circulación.

TABLE 1. Description of the traffic signs.

acero galvanizada, aluminio y chapa de acero, en algunos casos se ha colocado doble chapa y en su interior se ha situado un poliestireno, a modo de «sandwich». Además, se ha empleado como material no metálico poliéster reforzado con fibra de vidrio. En todos los casos se ha hecho uso de lámina retrorreflectante de dos niveles de retrorreflexión y de dos fabricantes diferentes. Las señales designadas como 17 y 18, en la propia señal tienen lámina retrorreflectante de niveles 1 y 2.

CARACTERÍSTICAS EVALUADAS

Se han efectuado medidas inicialmente y, posteriormente, se van determinando valores cada 4 horas a lo largo de la noche.

Condiciones meteorológicas. Durante cada ensayo se determina la temperatura ambiente, humedad relativa, punto de rocío, velocidad del viento, cielo cubierto o despejado, estado del tiempo (lluvia, nieve, niebla, hielos). Asimismo, se determina la temperatura en el anverso y reverso de cada señal.

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.

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 de la CIE estándar D65, con una geometría 45/0 y con un observador patrón de 2°.

Coefficiente de retrorreflexión. El coeficiente de retrorreflexión, R' , se determina mediante un retrorreflectómetro portátil con un ángulo de

divergencia, α , de 0,33° y ángulo de incidencia, β_i , de 5° ($\beta_r = 0^\circ$), empleando un iluminante A de la CIE, cuya temperatura de color es de 2.856 K.

RESULTADOS

Características iniciales. Las determinaciones de las propiedades ópticas de estas señales se han llevado a cabo en tres puntos de las mismas, en las zonas indicadas en la Figura 1.

Color y factor de luminancia. Los resultados obtenidos figuran en la Tabla 2.

Retrorreflexión. Los resultados obtenidos figuran en la Tabla 3.

Características en época de condensaciones. A título de ejemplo, se presentan los resultados de las medidas llevadas a cabo durante una noche, cuya humedad relativa del aire media ha sido del 93 %. La temperatura ambiente a la hora de la determinación ha sido:

Hora, h	Temperatura °C
22	3,9
02	1,0
06	-0,3

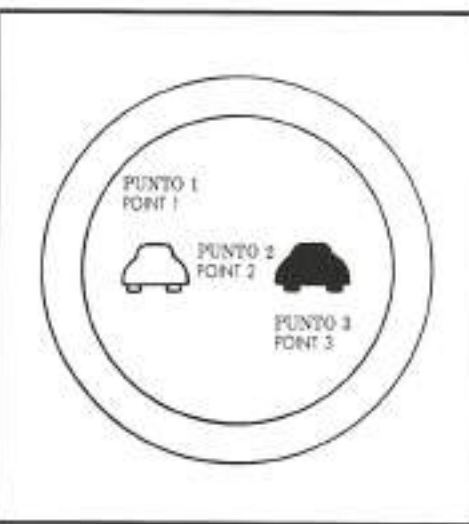


FIGURA 1.
Zonas de medida en la señal.
FIGURE 1.
Traffic signs measurement points.

signs, using different types of bases and retrorreflecting laminas.

The materials used for the base of the signs were galvanized steel plates, aluminium, sheet iron, metal plates interspersed with expanded polystyrene and, finally, polyester reinforced with fibre glass. Different materials were used for the retrorreflecting portion of the signs made by various commercial manufacturers and involving varying levels of retrorreflection.

Measurements of the optical properties, mainly the coefficient of retrorreflection, were taken over a two month period between November and February and the characteristics were ascertained every four hours during periods from 9 p.m. to 9 a.m.

The aim of the project was partly to investigate the effect on the legibility of the different bases used in the signs to which the retrorreflecting laminas are fixed during periods when condensation occurred and, in addition, the possible effects inherent in the retrorreflecting laminas themselves.

MATERIALS

The «No Overtaking» signs tested were formed by panels made up of different materials and retrorreflecting laminas in-

volving different levels of retrorreflection and made by different manufacturers; these signs are described below in Table 1.

The metallic materials used in the panel bases were galvanized steel plate, aluminium and steel plates; in some cases double plates were used with a layer of polystyrene between them as a sandwich. A non-metallic material with fibre glass reinforced polyester was also used. In all cases, retrorreflecting laminas with the levels of retrorreflection and from two different manufacturers were used. In the signs under 17 and 18 in Table 1, retrorreflecting laminas of both Levels 1 and 2 were used in the sign itself.

THE PROPERTIES ANALYZED

Initial measurements were taken and then at four-hourly intervals throughout the night.

Meteorological Conditions. During each test the ambient temperature, relative humidity, dew point, wind speed, degree of cloud cover, prevailing weather (rain, snow, fog, frost) and, in addition, the temperature was taken at the front and reverse sides of each sign.

Appearance. A visual inspection was made for the appearance of staining on the traffic signs and any other optical features which might occur during the trials.

Colour and Luminance Factor. Colour measurements were taken of the chromatic coordinates (x , y) and the luminance factor, β , with a portable spectrophotometer using a CIE standard D65 light source with a 45/0 geometry and a standard 2° observing pattern.

Coefficient of Retrorreflection. The coefficient of retrorreflection, R' , was measured with a retrorreflectometer with an α angle of divergence of 0.33 and a β_i angle of incidence, of

SEÑAL N.º SIGN No.	ZONAS DE MEDIDA MEASUREMENT AREAS								
	1			2			3		
	x	y	β	x	y	β	x	y	β
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	0,319	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	0,313	0,333	0,32	0,312	0,332	0,32	0,312	0,332	0,32
6	0,310	0,328	0,33	0,310	0,328	0,33	0,310	0,328	0,34
7	0,310	0,328	0,34	0,310	0,328	0,34	0,310	0,328	0,34
8	0,312	0,332	0,31	0,312	0,328	0,31	0,312	0,332	0,32
9	0,316	0,337	0,44	0,316	0,337	0,44	0,316	0,337	0,44
10	0,313	0,333	0,46	0,312	0,332	0,47	0,313	0,332	0,46
11	0,317	0,338	0,43	0,317	0,338	0,43	0,317	0,337	0,44
12	0,317	0,338	0,39	0,317	0,338	0,38	0,317	0,339	0,38
13	0,313	0,332	0,29	0,312	0,332	0,30	0,313	0,333	0,30
14	0,310	0,328	0,22	0,309	0,328	0,33	0,309	0,328	0,33
15	0,312	0,328	0,31	0,310	0,329	0,31	0,309	0,328	0,32
16	0,312	0,331	0,29	0,312	0,331	0,30	0,312	0,331	0,30
17	0,312	0,333	0,41	0,312	0,332	0,42	0,312	0,332	0,43
18	0,315	0,334	0,40	0,314	0,334	0,40	0,314	0,334	0,40
19	0,318	0,339	0,40	0,317	0,338	0,42	0,318	0,340	0,41
20	0,318	0,339	0,41	0,317	0,339	0,42	0,318	0,340	0,41
21	0,316	0,337	0,43	0,316	0,337	0,43	0,316	0,336	0,44
22	0,315	0,337	0,43	0,315	0,337	0,43	0,316	0,338	0,42
23	0,316	0,337	0,43	0,315	0,337	0,43	0,316	0,337	0,44
24	0,315	0,337	0,40	0,315	0,337	0,40	0,316	0,337	0,40

TABLA 2. Coordenadas cromáticas y factor de luminancia.

TABLE 2. Chromatic coordinates and luminance factor.

Los resultados obtenidos para el factor de luminancia y el coeficiente de retrorreflexión figuran, respectivamente, en las Tablas 4 y 5.

Al comparar los valores iniciales, determinados en horas

donde no había condensaciones, con los obtenidos en períodos de condensaciones, se observan una serie de variaciones notables en las características ópticas, destacando un incremento en el factor de

5° ($\beta_2 = 0^\circ$), using a CIE «A» type light source with a colour temperature of 2,856 K.

RESULTS

Initial Properties. Measurements of the optical properties

of the signs were taken at three points, in the areas shown in Figure 1.

Colour and Luminance Factor. The results are shown in Table 2.

Characteristics during Peri-

SEÑAL SIGN No.	ZONAS DE MEDIDA MEASUREMENT AREAS		
	1	2	3
1	85	86	89
2	65	86	74
3	75	78	62
4	86	82	84
5	245	240	244
6	267	279	270
7	263	269	273
8	250	243	232
9	68	78	83
10	68	76	73
11	78	88	78
12	85	83	88
13	243	245	236
14	220	206	205
15	208	215	215
16	241	230	230
17	117	126	131
18	94	99	119
19	78	66	72
20	71	62	72
21	82	78	78
22	91	86	87
23	69	59	60
24	94	94	99

TABLA 3. Coeficiente de retroreflexión, cd/(lx.m²).
TABLE 3. Coefficient of retroreflection, cd/(lx.m²).

relative humidity was 93 %. The ambient temperature at the time the measurements were taken was:

Time, hours	Temperature, °C
22	3.9
02	1.0
06	-0.3

The resulting measurements of the luminance factor and the coefficient of retroreflection are shown in Tables 4 and 5, respectively.

In comparing initial values, taken at times when there was no condensation, with those taken during condensation periods, a series of significant variations in the optical properties were observed, in particular an increase in the luminance factor and a drop in the coefficient of retroreflection which, at certain times of the night and in the case of almost all the signs, reached points where the legibility of the signs was virtually nil.

luminancia y un descenso en el coeficiente de retroreflexión que, en determinadas horas de la noche y en la casi

totalidad de las señales, llegan a límites tales que la visibilidad de las mencionadas señales es prácticamente nula.

ods of Condensation. By way of example, the results are given below of the measurements taken during one night when the

TABLA 4. Factor de luminancia, β .
TABLE 4. Luminance factor, β .

SEÑAL N.º SIGN No.	ZONAS DE MEDIDA MEASUREMENT AREAS								
	1			2			3		
	22	02	06	22	02	06	22	02	06
1	0,71	0,78	0,80	0,72	0,78	0,81	0,72	0,79	0,82
2	0,74	0,81	0,88	0,75	0,81	0,88	0,76	0,82	0,84
3	0,72	0,79	0,82	0,72	0,79	0,81	0,72	0,79	0,82
4	0,72	0,76	0,80	0,78	0,77	0,81	0,76	0,78	0,81
5	0,66	0,70	0,74	0,66	0,68	0,73	0,66	0,70	0,78
6	0,66	0,69	0,75	0,67	0,68	0,74	0,69	0,69	0,74
7	0,67	0,67	0,78	0,68	0,77	0,73	0,68	0,68	0,78
8	0,66	0,65	0,69	0,66	0,66	0,69	0,66	0,65	0,70
9	0,78	0,77	0,78	0,78	0,79	0,78	0,78	0,78	0,78
10	0,74	0,79	0,79	0,75	0,80	0,80	0,75	0,79	0,79
11	0,72	0,74	0,74	0,74	0,74	0,73	0,73	0,75	0,74
12	0,70	0,70	0,70	0,71	0,71	0,70	0,71	0,71	0,71
13	0,62	0,63	0,63	0,62	0,64	0,63	0,63	0,64	0,64
14	0,64	0,65	0,66	0,65	0,65	0,66	0,65	0,66	0,66
15	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,65	0,65
16	0,63	0,64	0,64	0,63	0,65	0,65	0,63	0,65	0,65
17	0,71	0,74	0,80	0,71	0,76	0,80	0,76	0,76	0,81
18	0,69	0,70	0,76	0,70	0,70	0,78	0,71	0,71	0,75
19	0,70	0,71	0,76	0,73	0,74	0,76	0,72	0,74	0,81
20	0,72	0,75	0,81	0,73	0,76	0,76	0,72	0,78	0,81
21	0,71	0,74	0,78	0,72	0,74	0,78	0,73	0,74	0,78
22	0,72	0,74	0,79	0,74	0,76	0,79	0,75	0,75	0,79
23	0,77	0,77	0,72	0,74	0,77	0,78	0,76	0,76	0,77
24	0,78	0,74	0,75	0,76	0,73	0,75	0,72	0,73	0,76

TABLA 5. Coeficiente de
retroreflexión, $cd/(lx.m^2)$.
TABLE 5. Coefficient of
retroreflection, $cd/(lx.m^2)$.

SEÑAL N.º SIGN No.	ZONAS DE MEDIDA MEASUREMENT AREAS								
	1			2			3		
	HORAS DE MEDIDA MEASUREMENT TIMES			HORAS DE MEDIDA MEASUREMENT TIMES			HORAS DE MEDIDA MEASUREMENT TIMES		
	22	02	06	22	02	06	22	02	06
1	59	9	10	42	8	9	44	8	7
2	37	11	6	38	7	7	33	5	12
3	62	9	9	62	8	8	59	7	8
4	49	9	6	51	13	6	36	10	8
5	36	31	20	47	35	35	46	31	35
6	35	27	28	33	34	36	34	17	34
7	42	40	30	43	33	35	48	34	34
8	45	54	32	43	48	29	34	40	39
9	85	20	20	78	18	23	87	19	18
10	75	15	19	81	16	22	75	15	21
11	22	15	61	18	12	50	11	7	88
12	28	58	60	29	49	57	19	19	58
13	88	104	154	43	57	58	36	71	168
14	33	57	31	45	158	27	33	66	18
15	17	146	204	47	184	246	43	91	153
16	55	42	174	57	52	93	175	29	83
17	31	68	15	124	56	18	17	71	19
18	27	57	13	53	60	14	46	77	14
19	63	29	6	29	50	18	65	37	9
20	48	24	10	23	22	13	46	11	8
21	63	38	11	7	24	10	49	41	12
22	59	27	9	13	22	12	47	27	10
23	31	36	30	12	21	22	27	35	28
24	74	75	42	13	57	43	69	74	30