

El control de calidad en la señalización horizontal

Por JOSÉ RIBES PANTOJA
Lic. Ciencias Geológicas



Foto 1.

1. Introducción.

EL objetivo principal de la señalización horizontal es la de guiar al usuario de la carretera en su itinerario, para permitirle adaptar su comportamiento y su trayectoria con un tiempo de anticipación suficiente para su seguridad. La señalización debe ser suficientemente visible, para asegurar esta función. Las marcas viales constituyen su elemento esencial.

La consecución del objetivo anterior no sería posible sin un adecuado aseguramiento de la calidad, que afecte a todas las etapas del proceso de puesta en servicio de las marcas viales.

En primer lugar, es necesario

proceder a la cualificación previa de los materiales, mediante su análisis en laboratorio. Esto afectaría tanto a las pinturas convencionales como a los termoplásticos de aplicación en caliente, a los plásticos de dos componentes de aplicación en frío y a las microesferas de vidrio. Los ensayos se encuentran refrendados por una normativa, la cual se describirá posteriormente.

En segundo lugar, es importante llevar a cabo el control de la ejecución de los trabajos de pintura. Esta fase es de suma importancia, puesto que la obtención de un correcto nivel de calidad y servicio de las marcas viales depende de su puesta en obra. Esto, naturalmente, depende de los parámetros que se consideren, de la naturaleza de los productos, y de los medios utilizados para la aplicación.

En tercer lugar, es necesaria la verificación de las propiedades ópticas y características superficiales de las marcas viales. De esta manera se comprobará su eficacia, es decir, su nivel de servicio. Para la comprobación de las primeras, se utiliza un instrumental que puede ser estático o dinámico, según que las mediciones se realicen punto a punto o en continuo, respectivamente. Para la comprobación de las segundas se utiliza un aparato no óptico, sino mecánico.

2. El control de calidad antes de la aplicación.

La selección de los materiales para la señalización horizontal es fundamental, puesto que su comportamiento dependerá del uso a

“**E**s necesario comprobar sus características técnicas en laboratorio, por medio de la realización de ensayos encaminados a garantizar que, si los materiales son correctamente puestos en obra, su nivel de servicio será correcto.”

que se destinen. Existen multitud de parámetros que influyen en la decisión del responsable del proyecto, encontrándose entre los más importantes:

- Intensidad media diaria de la circulación (IMD): Una intensidad de circulación elevada implica un desgaste más rápido, en especial si la proporción de vehículos pesados es alta.

- Textura superficial del pavimento: La aplicación, por ejemplo, sobre pavimentos drenantes hace que, a igual dosificación de material, su espesor superficial sea inferior que en un pavimento convencional, por lo que su duración será más limitada. Esto implica que, sobre el primer tipo de pavimento, sea necesario o bien incrementar la dosificación o bien elegir otro tipo de productos.

- Climatología: En regiones cálidas, los materiales termoplásticos se reblandecen, pudiéndose apreciar las huellas de los vehículos sobre las marcas viales. Sin embargo, en regiones frías los mismos materiales se fracturan, por ejemplo, por efecto de las cadenas para circular sobre nieve.

Una vez efectuada la selección de los materiales, es necesario comprobar sus características técnicas en laboratorio, por medio de la realización de ensayos encaminados a garantizar que, si los materiales son correctamente puestos en obra, su nivel de servicio será correcto. A su vez, y como constatación del mantenimiento de sus características técnicas, es conveniente efectuar ensayos de identi-



ficación a partir de muestras tomadas durante los trabajos de pintura.

Sin embargo, para lograr la máxima seguridad del comportamiento de un determinado material a lo largo de su vida útil, independientemente de su análisis en laboratorio, es necesario su estudio bajo condiciones reales de tráfico. Esto conformaría lo que se denomina la *cualificación* de las marcas viales, que implica la certificación de los materiales. El estudio de las marcas viales bajo condiciones reales de tráfico se realiza por medio de los denominados “campos experimentales”, cuyas características vienen especificadas en la Norma UNE 135 200, parte 3.

2.1 Cualificación previa e identificación de los materiales.

En la actualidad, los requisitos esenciales que deben cumplir los materiales que forman las marcas viales, vienen expresados en los Pliegos de prescripciones técnicas.

Sin embargo, en el seno del Comité Técnico de Normalización 135, Sucomité 2, de AENOR, se ha procedido a la redacción de la norma UNE 135 200, “Señalización Horizontal. Marcas Viales. Características y métodos de ensayo”, la cual se divide en: Parte 1 “Requisitos esenciales”; Parte 2, “Materiales. Precualificación e identificación” y Parte 3, “Cualificación”. En la Parte 2 se contemplan los ensayos, junto con los valores que deben cumplir los diferentes materiales que incluye. Dicha norma se encuentra actualmente en información pública, y luego se publicará en fase experimental.

Según el material, los ensayos y los requisitos exigidos son diferentes. Los materiales sujetos a la norma referida son:

- * Pinturas.
 - * Termoplásticos de aplicación en caliente.
 - * Plásticos de aplicación en frío.
 - * Materiales prefabricados.
- Los ensayos se dividen en dos



Foto 2.

grupos. El primero está compuesto por los ensayos de *cualificación previa*, los cuales se realizan antes de la puesta en obra o aplicación, y definen la idoneidad o no de los materiales para su utilización de acuerdo con el cumplimiento de los valores especificados para cada uno de los ensayos. El segundo grupo lo forman los denominados *ensayos de identificación*, los cuales se realizan a partir de muestras extraídas durante las operaciones de pintura, indicando la constancia de las características técnicas de los materiales. Su función consiste en la demostración del mantenimiento de las propiedades de los materiales, en relación con los analizados y cualificados previamente.

A continuación se presenta una relación de los ensayos de laboratorio para cada uno de los materiales descritos anteriormente:

2.1.1. Pinturas

Cualificación previa.

- 1.1. Resistencia al sangrado.
- 1.2. Color.
- 1.3. Factor de luminancia.
- 1.4. Poder cubriente.
- 1.5. Tiempo de secado.
- 1.6. Estabilidad en envase.
- 1.7. Envejecimiento artificial acelerado.
- 1.8. Resistencia a los álcalis (pinturas para aplicación directa sobre pavimentos de hormigón).

Identificación.

- 1.9. Consistencia Krebs.
- 1.10. Contenido de sólidos. Materia no volátil.
- 1.11. Contenido de ligante.
- 1.12. Contenido de pigmento (dióxido de titanio).
- 1.13. Densidad relativa.
- 1.14. Tiempo de secado.
- 1.15. Poder cubriente.
- 1.16. Color.
- 1.17. Factor de luminancia.

2.1.2. *Termoplásticos de aplicación en caliente.*

Cualificación Previa.

- 2.1. Punto de reblandecimiento.
- 2.2. Resistencia al flujo.
- 2.3. Temperatura de inflamación.
- 2.4. Color.
- 2.5. Factor de luminancia.
- 2.6. Estabilidad al calor.
- 2.7. Envejecimiento artificial acelerado.

Identificación.

- 2.8. Contenido de ligante.
- 2.9. Contenido de dióxido de titanio.
- 2.10. Color.
- 2.11. Factor de luminancia.
- 2.12. Estabilidad al calor.
- 2.13. Envejecimiento artificial acelerado.

2.1.3. *Plásticos de aplicación en frío.*

Cualificación previa.

- 3.1. Color.
- 3.2. Factor de luminancia.
- 3.3. Tiempo de secado.
- 3.4. Envejecimiento artificial acelerado.
- 3.5. Resistencia a los álcalis (pinturas para aplicación directa sobre pavimentos de hormigón).

Identificación.

- 3.6. Contenido de ligante.
- 3.7. Contenido de pigmento dióxido de titanio.

- 3.8. Densidad relativa.
- 3.9. Tiempo de secado.
- 3.10. Color.
- 3.11. Factor de luminancia.

2.1.4. *Materiales prefabricados.*

Según su composición, se realizarán los ensayos pertinentes para evaluar sus propiedades (ver Norma UNE 135 200, parte 2). Los requisitos básicos que deben cumplir son retrorreflexión, color (factor de luminancia y coordenadas cromáticas) y resistencia al deslizamiento.

2.2. **Cualificación de las marcas viales.**

Las características, duración de los ensayos, zonas de medida, aplicación de las marcas viales y determinaciones que se deben realizar en los campos experimentales, vienen expresadas en la Norma UNE 135 200, parte 3, por lo que no se ha creído necesario profundizar en su descripción. No obstante, resulta muy interesante la realización y posterior estudio de campos experimentales, puesto que la información que pueden aportar puede ser muy útil para la selección de materiales.

3. **El control de calidad durante la aplicación.**

El material con la formulación más adecuada y, por lo tanto, con las mejores características técnicas no se comportará satisfactoriamente si su puesta en obra no es correcta. Este hecho es de suma importancia, puesto que no son pocas las inspecciones que lo demuestran.

El material elegido como más correcto para las condiciones a que se destina, debe ser aplicado observando las reglas adecuadas, para obtener de él los resultados esperados de duración, rugosidad, blancura (cuando sea blanco) y retrorreflexión.

No es objeto de este artículo presentar todas las reglas, que dependen al mismo tiempo de los productos y de los medios de aplicación. Sin embargo, existen ciertos principios comunes, por ejemplo:

- El pavimento, previamente a

la pintura, debe estar limpio y seco. Se detectan en numerosas ocasiones desprendimientos de marcas viales provocados por la suciedad, visible en la interfaz pavimento/marca vial. Los defectos producidos por aplicaciones realizadas con humedades relativas elevadas o condensaciones, aunque frecuentes, son de más difícil diagnóstico.

- Las condiciones meteorológicas deben ser adecuadas. Es decir, se deben tener en cuenta y dejar constancia de la temperatura ambiente, humedad relativa, punto de rocío, velocidad del viento, etc. Si cualquiera de los denominados parámetros ambientales no fuera correcto, se deben detener los trabajos inmediatamente, para evitar problemas posteriores.

- Si se trata de repintados, es necesario asegurarse que el producto que se va a aplicar y el existente no son incompatibles. Si esto ocurriese, se debe eliminar el material previo, utilizar una imprimación promotora de adherencia y compatible con ambos, o cambiar el material seleccionado por otro más adecuado.

- Se debe tratar de imponer los procedimientos de aplicación más mecanizados o informatizados, puesto que son los que aseguran que todos los parámetros que forman parte de una correcta aplicación se observen con más continuidad, rapidez y fiabilidad, eliminando lo más posible la intervención del operario.

- La dotación del material se obtiene colocando placas metálicas, previamente taradas, sobre el pavimento, a las cuales será aplicada la misma dotación de material utilizada en la puesta en obra, por la máquina pinta-bandas (*foto 1*). Una vez retiradas, mediante una balanza de precisión, se calculará la masa de material por unidad de superficie (dotación). Los cálculos se pueden realizar a pie de obra, con una balanza adecuada para trabajos de campo, con lo que se pueden efectuar acciones correctivas según se desarrollen éstos, o se pueden llevar a cabo en laboratorio.

La persona o equipo encargado de la supervisión de la aplicación debe registrar todas las evaluacio-

nes de parámetros realizadas, las observaciones y todos los datos de interés, formando el conjunto parte integrante del informe de resultados que será emitido posteriormente. Todos los registros formarán parte del historial de la obra, y podrán ser utilizados en caso de problemas o como consulta para trabajos posteriores. Independientemente del tamaño de la obra, un parte diario de control de ejecución debe incluir:

- La naturaleza y estado del pavimento sobre el que se aplican los materiales.
- El tipo de material empleado y su identificación.
- La dotación del material.
- La técnica de aplicación utilizada.
- Datos de la máquina ejecutora de los trabajos.
- Registro de los parámetros ambientales.
- Datos sobre las muestras de material recogidas, para su identificación.

4. El control de calidad después de la aplicación.

Una vez que las marcas viales se encuentran en servicio, y después de haber seguido un programa de control de calidad como el descrito en los apartados anteriores, es necesario verificar que sus parámetros ópticos presentan unos valores superiores a los mínimos especificados, o umbrales. Dichos valores indicarán la visibilidad, tanto diurna como nocturna, de las marcas viales, lo que se traduce en lo que percibirá el usuario a su paso por ellas.

En este apartado se indican dos sistemas de medida, absolutamente compatibles, utilizándose uno u otro, según la naturaleza de la marca vial y su ubicación.

4.1. Verificación de la visibilidad de las marcas viales.

No es objeto de este artículo profundizar en los parámetros ópticos que forman la visibilidad, tanto diurna como nocturna, de las marcas viales, puesto que existe abundante literatura al respecto. Sin embargo, y en cuanto al control de calidad se refiere, éste se



puede realizar o bien puntualmente o bien en continuo.

Sistema puntual. Visibilidad diurna: El parámetro fundamental que define la visibilidad diurna de las marcas viales, es la relación de contraste entre la marca vial y el pavimento. Dicha relación de contraste (R_c) se determina mediante la ecuación:

$$R_c = (\beta_m - \beta_f) / \beta_f$$

siendo β_m el factor de luminancia de la marca vial, y β_f el factor de luminancia del pavimento adyacente.

La evaluación del color y del factor de luminancia de las marcas viales se realiza o bien con un espectrofotocolorímetro (*foto 2*), o bien con un colorímetro tri-estímulos. Los valores obtenidos se anotan a pie de obra, para después darle su tratamiento matemático en el laboratorio.

Los umbrales de la relación de



Foto 3.

contraste de la visibilidad diurna están en función del tipo de pavimento adyacente a la marca vial. Según la Norma UNE 135 200, parte 1, el valor mínimo del factor de luminancia a lo largo de la vida de la marca vial, debe ser de 0,30; y la relación de contraste con el pavimento adyacente de 1,7.

Sistema puntual. Visibilidad nocturna: El coeficiente de luminancia retrorreflejada, o retrorreflexión (R_L), es el parámetro que, en ausencia de alumbrado, define la visibilidad nocturna de las marcas viales. La retrorreflexión se mide con un retrorreflectómetro portátil (foto 3), con geometrías de incidencia y observación semejantes a las del usuario (faros del automóvil). En nuestro país las geometrías exigidas especifican un ángulo de incidencia de $3^\circ 30'$ y uno de observación de 5° , tomando la calzada como referencia.

El valor mínimo o umbral espe-

cificado por regla general en nuestro país, y descrito en la Norma UNE 135 200, Parte 1, es de 150 mcd/lx. m². Dicho valor debe exigirse siempre a lo largo de la vida útil de la marca vial.

Sin embargo, al igual que ocurría en la visibilidad diurna, es necesario tener en cuenta la relación de contraste entre la marca vial y el pavimento adyacente. Dicha relación de contraste viene definida por la ecuación:

$$R_c = (R_{Lm} - R_{Lf}) / R_{Lf}$$

siendo R_{Lm} el coeficiente de luminancia retrorreflejada de la marca vial, y R_{Lf} el del pavimento adyacente.

En la actualidad no existen umbrales definidos para este parámetro.

Sistema dinámico. Visibilidad diurna y nocturna (foto 4).

Este sistema, también denominado de auscultación en continuo,

“**U**na vez que las marcas viales se encuentran en servicio, y después de haber seguido un programa de control de calidad, es necesario verificar que sus parámetros ópticos presentan unos valores superiores a los mínimos especificados, o umbrales.”

marca una nueva vía para la determinación de la visibilidad diurna y nocturna de las marcas viales, permitiendo su evaluación con luz diurna, en continuo y a velocidad elevada. Su objetivo es el alto rendimiento, con unas condiciones de seguridad satisfactorias (no es necesario cortar la carretera) y un coste razonable.

Los parámetros medidos son los mismos que los expresados para el sistema puntual. Es decir, se obtienen los valores correspondientes a Retrorreflexión, Contraste de día, Contraste de noche e Iluminancia ambiental, contando con la ventaja de la obtención de gráficos de la retrorreflexión en función de la distancia recorrida, así como de los demás parámetros indicados.

Dicho sistema va instalado sobre un vehículo automóvil que puede auscultar las marcas viales correspondientes, tanto a bordes como a eje de la calzada. La velocidad de toma de datos es equivalente a la del tráfico, pudiéndose realizar las mediciones hasta a 110 km/h, no necesitando apoyo salvo, en ocasiones de tráfico intenso, para mediciones del borde izquierdo del carril izquierdo.

La toma de datos se realiza cada 0,40 m, y la expresión de resultados se puede obtener cada 20 m aunque, por regla general, se realiza cada 100 m, como media de los resultados obtenidos en la totalidad de los segmentos (0,40 m) de toma de datos.

“**E**ntre otras, la puesta en práctica de una política de calidad sobre señalización horizontal deberá tener su base en la definición del nivel de servicio requerido y las exigencias de garantía.”

Las ventajas de dicho sistema, en cuanto a rapidez de ejecución, seguridad, obtención de resultados, etc. son obvias, contando además con la ventaja de poder evaluar los parámetros ópticos de las marcas viales tanto en zonas homogéneas como en zonas heterogéneas, donde, mediante porcentajes de valores superiores e inferiores al umbral especificado, se pueden obtener datos y valoraciones de tramos con longitudes importantes.

Otra ventaja añadida es la posibilidad de auscultar marcas viales con resaltos, de implantación cada vez más generalizada, mediciones que no son posibles de realizar con el sistema puntual.

Independientemente de lo anterior, el sistema de auscultación en continuo permite la organización de campañas sistemáticas, antes y después de la aplicación de la señalización horizontal. Dicho sistema consiste en realizar controles previos a la elaboración de los proyectos de pintura; por ejemplo, en una red de carreteras, con objeto de dirigir las actuaciones de pintura posteriores, pintando o repintando donde verdaderamente sea necesario y no sobre marcas viales con comportamiento correcto, las cuales podrían esperar hasta la anualidad siguiente. Una vez que las labores de pintura se han efectuado, se hace necesaria la realización de campañas para la recepción de las obras, comparando los resultados con los obtenidos en las mediciones previas en los mismos tramos, y comprobándose el cumplimiento de las exigencias de los

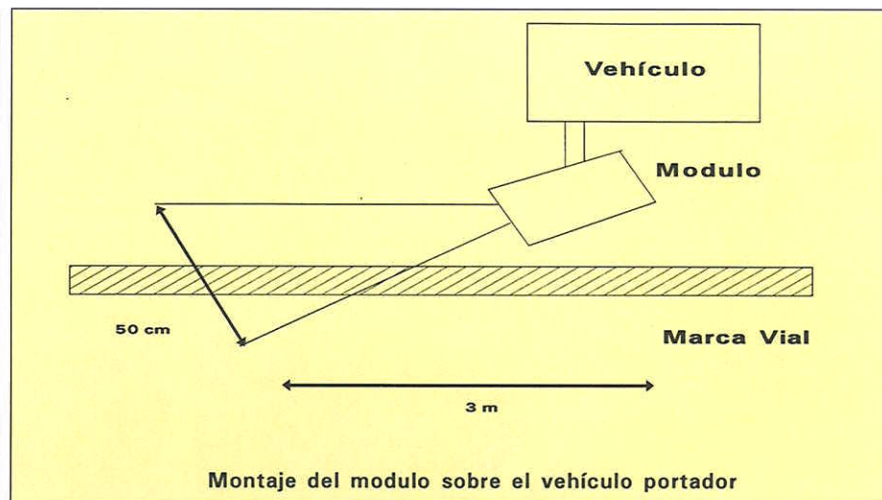


Foto 4.

pliegos de prescripciones técnicas de las obras.

Complementariedad de ambos sistemas.

Los sistemas descritos son complementarios, destinándose cada uno de ellos a los usos para los que está diseñado.

Por ejemplo, en una red de carreteras se pueden auscultar las marcas viales existentes en el tronco de una autovía (como bordes izquierdo, derecho y eje), por un equipo que maneje el sistema de auscultación en continuo, mientras que otro equipo realiza controles en las marcas viales existentes en los enlaces, como isletas, cebreados, etc., con el sistema puntual. De esta manera se obtienen datos de una manera simultánea, en una misma jornada, permitiendo una visión más amplia del estado de la red de carreteras.

El control de calidad de marcas viales necesita de ambos sistemas, y los datos obtenidos con uno y otro serán de suma utilidad para evaluar su nivel de servicio, incrementando la seguridad del usuario en sus desplazamientos.

5. Conclusiones.

La puesta en práctica de una política de calidad sobre la señalización horizontal debería tener su base en las acciones siguientes:

- Definir el nivel de servicio requerido (visibilidad diurna, nocturna, etc.) y fijar las exigencias de garantía (durabilidad).

- Realizar una selección de los materiales más idóneos, exigiendo de éstos el cumplimiento de los requisitos expresados en los pliegos de prescripciones técnicas, solicitando la verificación de su calidad, bien por ensayos en laboratorio de los productos, bien por otros procedimientos que acrediten su calidad (certificados del producto emitidos por su fabricante).

- Controlar la ejecución, de la manera indicada en el apartado correspondiente, sobre todo en el caso de aplicadores sin referencias.

- Registrar diariamente los datos obtenidos en el proceso de aplicación, en partes diarios de control.

- Controlar el nivel de servicio obtenido antes de finalizar el período de garantía o en el momento que se considere oportuno, utilizando métodos reconocidos y efectivos.

Estas acciones conducirán a las empresas de aplicación, a los fabricantes de los materiales, y a los laboratorios de control, a disponer de los medios necesarios para asegurar la calidad exigida por el cliente, y serán fuente de seguridad y de progreso en el futuro.

Todas las informaciones obtenidas permitirán establecer localmente las relaciones entre los diversos parámetros que forman parte de esta actividad, y aportarán las correcciones necesarias para acciones futuras, con el objetivo de obtener los más altos niveles de calidad a su justo precio. ■

José Ribes. Director Técnico de Euroconsult Señalización, S.A.