



Recomendaciones
Técnicas para

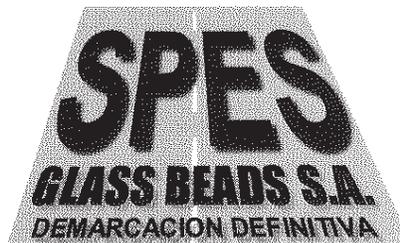
Demarcaciones Horizontales



GRUPO TÉCNICO PINTURA DE TRÁFICO

CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

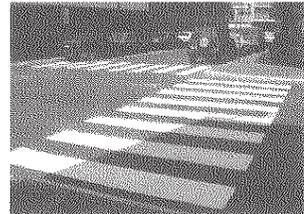
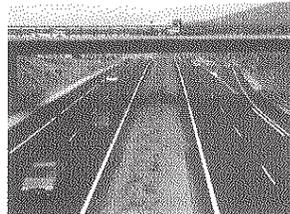
LA CORPORACIÓN DE DESARROLLO
TECNOLÓGICO AGRADECE LA
COLABORACIÓN DE LAS SIGUIENTES
EMPRESAS EN LA PUBLICACIÓN DE ESTE
DOCUMENTO





Recomendaciones
Técnicas para

Demarcaciones Horizontales



GRUPO TÉCNICO PINTURA DE TRÁFICO
CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

1ª Edición, Marzo 2004, 500 ejemplares

RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA DEMARCACIONES HORIZONTALES

Es Propiedad de la Corporación de Desarrollo Tecnológico
Número de Propiedad Intelectual: 138.278
Nº I.S.B.N.: 956-7911-04-5
Prohibida su reproducción total o parcial sin citar la fuente

Marchant Pereira 221, Of. 11
Providencia, Santiago de Chile
Fono: (56-2) 2042840
Fax: (56-2) 2042845
Email: cdt@cdt.cl

CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO
Grupo Técnico Pintura de Tráfico

Diseño y Producción Gráfica: Domus S.A. · Imprenta: Grafhika Ltda.

PRÓLOGO

La seguridad de las personas es un bien incalculable y un derecho que debe ser considerado en todo proyecto vial, especialmente cuando se aprecia un aumento del riesgo producto de un crecimiento importante y sostenido del parque automotriz. A lo anterior se suma un desarrollo de infraestructura vial con estándares superiores y un aumento de las velocidades máximas en zonas urbanas y rurales entre otras, que hacen de la seguridad vial un tema importante a fortalecer con el fin de contribuir en la disminución de accidentes y entregar al usuario un camino con los elementos de información adecuados.

El fortalecimiento de la seguridad vial, ha sido una constante preocupación de las autoridades y expertos en la materia cuyos estudios y conclusiones han obligado a adoptar posiciones cada vez más exigente, impulsando criterios claros sobre el cumplimiento de normas y especificaciones.

La finalidad de este texto, es entregar un aporte importante a este objetivo, entregando criterios de selección y aplicación a uno de los aspectos más importantes de la seguridad vial, que se refiere a la señalización horizontal, aquella que mediante la aplicación de productos sobre los pavimentos, permite encauzar y regular la circulación normal por las vías, guiar y advertir a los conductores e informar mediante leyendas o símbolos pintados.

Simultáneamente con el trabajo realizado por los integrantes del Grupo Técnico, distintas entidades gubernamentales se encontraban actualizando la reglamentación relacionada con las marcas horizontales. Ello nos permite indicar que este texto está actualizado con los requisitos exigidos a la fecha de su edición.

En la búsqueda de soluciones que permitieran a constructores

y aplicadores entregar soluciones adecuadas a cada proyecto vial, el texto entrega una serie de recomendaciones cuyo objetivo final es lograr aplicaciones de productos para marcas planas horizontales de tráfico que aseguren su visibilidad diurna y nocturna, optimizando su duración de acuerdo al tipo de material usado, el sustrato, el volumen de tráfico y las condiciones ambientales del entorno inmediato a la zona de pintado.

En su primer capítulo, se pueden encontrar algunas definiciones y referencias útiles para comprender el alcance del texto.

El segundo capítulo entrega antecedentes relacionados con las especificaciones generales de las marcas y de los materiales que normalmente se emplean en este tipo de trabajos.

Posteriormente, este documento entrega una serie de consideraciones que permiten especificar los materiales a emplear en la ejecución de las marcas horizontales. Es en este capítulo donde se establecen los criterios asociados al resultado final buscado para la marca.

El capítulo cuatro contiene las recomendaciones de aplicación y de trabajo que, a juicio de los integrantes del Grupo Técnico, son convenientes de tomar en cuenta al momento de ejecutar este tipo de trabajos.

Finalmente se entrega una serie de recomendaciones destinadas a controlar la ejecución de los trabajos. Estas recomendaciones pueden ser usadas tanto por la empresa aplicadora como la constructora o mandante.

El alcance práctico que el Grupo Técnico de Pinturas ha querido dar al contenido de este documento, es coincidente con los objetivos globales de contribución al mejoramiento de la calidad de las obras viales.

Queremos agradecer el compromiso mostrado por los integrantes del Grupo Técnico, quienes en un trabajo de alto nivel profesional han hecho posible la edición de esta publicación.

El Grupo Técnico de Pintura de Tráfico estuvo integrado por:

Presidente del GT:

Sr. Jorge Pentenero. ECOPSA

Secretario del GT:

Sr. Hermann Noll. Corporación de Desarrollo Tecnológico

Sra. Vilma Azócar. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

Sr. Hugo Badariotti. Glass Beads S. A.

Sr. Francisco Bodini. TRICOLOR

Sra. Mireya Cannobbio. Subdirección de Vialidad Urbana de la Dirección de Vialidad MOP

Sr. Nelson Carter. Química Anglo Chilena

Sra. Claudia Cañete. IDIEM

Sr. Antonio Cisneros. Departamento de Seguridad Vial de la Dirección de Vialidad MOP

Sr. Eduardo Garrido. CERESITA

Sr. Luis González. Unidad de Seguridad Vial de la Dirección de Vialidad MOP

Sr. Eduardo Jara. ROCA

Sr. Ricardo Jara. HORN

Sr. Eduardo Ibarra. Asociación Chilena de Municipalidades

Sra. Marcela Lobo. CONASET

Sra. Ana Luque. Química Ind. Spes

Sra. Celia Riffo. CERQUIM

Sra. Marcela Sanhueza. Laboratorio Nacional de Vialidad

Sra. Ingrid Wöhllk. CESMEC

Sr. Jorge Zúñiga. INGETRAN

En la elaboración de este documento han contribuido, además, destacados profesionales, que han participado en algunas de las sesiones de trabajo del grupo, enriqueciendo con su aporte su contenido. Agradecemos a cada uno de ellos su valiosa entrega.

El contenido de "Recomendaciones técnicas para demarcaciones horizontales" representa una opinión técnica de la cual pueden extractarse sugerencias válidas para la selección y aplicación de materiales usados para marcar las calles y caminos, facilitando incrementar la calidad de las soluciones y la seguridad de los usuarios.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES GENERALES

1.1	Alcance y Campo de Aplicación	8
1.2	Terminología	8
1.3	Antecedentes Normativos	8

CAPÍTULO II

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DEMARCACIONES HORIZONTALES

2.1	Especificaciones Técnicas de las Demarcaciones	9
2.1.1	Durabilidad	9
2.1.2	Visibilidad Diurna o Nocturna con Alumbrado Artificial	10
2.1.2.1	Color	10
2.1.2.2	Factor de Luminancia	10
2.1.2.3	Relación de Contraste	10
2.1.3	Visibilidad Nocturna	11
2.1.3.1	Retroreflexión	11
2.1.4	Resistencia al Deslizamiento	12
2.2	Especificaciones Técnicas de los Materiales Base para Demarcar	12
2.3	Especificaciones Técnicas de los Materiales Complementarios para Demarcar	13
2.3.1	Microesferas de Vidrio	13
2.3.1.1	Esféricidad	13
2.3.1.2	Apariencia y Defectos	13
2.3.1.3	Índice de Refracción	14
2.3.1.4	Granulometría	14
2.3.1.5	Resistencia a Agentes Químicos	14
2.3.2	Diluyentes	14

CAPÍTULO III

CONSIDERACIONES PARA ESPECIFICAR MATERIALES PARA DEMARCAR

3.1	Metodología	15
3.2	Factores Cuantificables a Considerar en la Especificación del Material para Demarcar y su Método de Aplicación	16
3.2.1	Volumen de Tránsito	16
3.2.2	Sustrato	19
3.2.3	Valor Característico a Considerar en la Especificación del Producto para Demarcar y su Método de Aplicación	19
3.3	Factores No Cuantificables a Considerar en la Especificación del Material para Demarcar y su Método de Aplicación	20
3.3.1	Tipo y Condición de Pavimentos	21
3.3.1.1	Pavimento Asfáltico	21
3.3.1.2	Pavimentos de Tratamiento Superficial	21
3.3.1.3	Imprimaciones	22
3.3.1.4	Pavimento de Hormigón	22
3.3.1.5	Adoquines o Piedras	22
3.3.1.6	Pavimentos Previamente Demarcados	22
3.3.2	Condiciones Climáticas	23
3.3.3	Medio Ambiente	25
3.3.3.1	Efecto de Polución	25
3.3.3.2	Efecto de Erosiones	25
3.3.3.3	Efecto de Lluvia Mineral	25
3.3.4	Entorno Inmediato	25
3.3.4.1	Desechos Vegetales	26
3.3.4.2	Encuentros con Tierra	26
3.3.4.3	Uso de Maquinaria Pesada	26
3.4	Síntesis de Consideraciones y Recomendaciones Incorporadas a las Especificaciones Técnicas	26

CAPÍTULO IV

RECOMENDACIONES PARA LA APLICACIÓN

4.1	Prevención de Riesgos	27
4.1.1	Riesgos Relacionados al Tráfico	28
4.1.2	Riesgos Relacionados a los Equipos	28
4.1.3	Riesgos Relacionados a los Materiales	28
4.2	Preparación de las Superficies	29
4.2.1	Preparación de Pavimentos Nuevos	29
4.2.2	Preparación de Pavimentos Antiguos	29
4.3	Topografía Previa y Premarcado	30
4.3.1	Topografía Previa	30
4.3.2	Premarcado	30
4.4	Aplicación de Pintura para Demarcación	30
4.4.1	Aplicación Manual en Zonas Urbanas o Demarcación de Figuras	31
4.4.2	Aplicación con Equipos Auto-propulsados en Carreteras o Zonas Urbanas que lo Permitan	32
4.4.3	Calibración de la Dosificación	32
4.5	Aplicación de Termoplástico para Demarcación	34
4.5.1	Sobre la Fusión del Termoplástico	34
4.5.2	Aplicación de Primer	34
4.5.3	Aplicación por Extrusión a Zapata	35
4.5.4	Aplicación por Proyección Neumática o Pulverización	35
4.5.5	Aplicación por Método Ribbon o Zapata a Presión	36

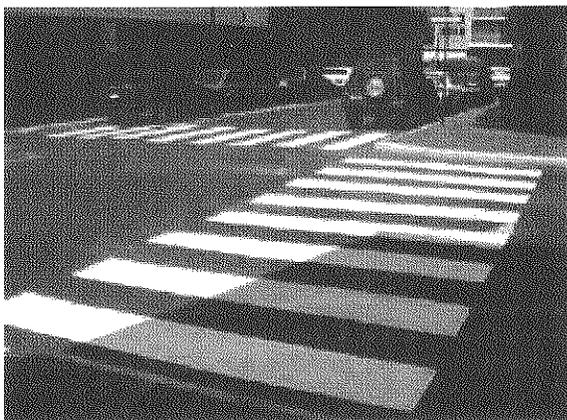
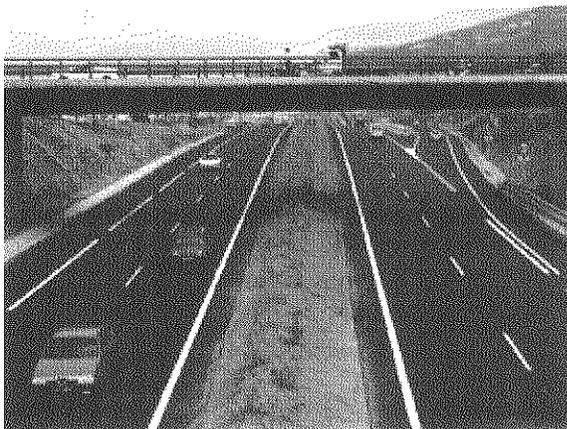
CAPÍTULO V

RECOMENDACIONES PARA LA RECEPCIÓN DE MATERIALES Y DEMARCACIONES

5.1	Adquisición y Recepción de Materiales	37
5.1.1	Recepción de Pinturas	38
5.1.2	Recepción de Termoplásticos	38
5.1.3	Recepción de Microesferas de Vidrio	38
5.2	Controles	38
5.2.1	Informe de Programa de Trabajo	38
5.2.2	Aprobación de la Superficie de Aplicación	39
5.2.3	Aprobación Condiciones Ambientales al Inicio de la Aplicación	39
5.2.4	Control de Materiales en Terreno	39
5.2.5	Control de Calibración de la Dosificación	39
5.2.6	Control de Señalización y Seguridad	40
5.2.7	Control Durante la Aplicación	40
5.3	Autocontrol Previo a la Recepción de Trabajos de Aplicación de Marcas	41
5.3.1	Criterios de Conformidad	42
5.3.1.1	Tramos de Longitud Igual a 2 000 m	42
5.3.1.2	Tramos de Longitud Menor a 2 000 m	42
5.3.2	Procedimientos de Medición	43
5.3.3	Valores Estipulados y Tolerancias	43
5.3.3.1	Retrorreflexión	43
5.3.3.2	Relación de Contraste	44
5.3.3.3	Dimensiones	44

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES GENERALES



El fortalecimiento de la seguridad vial, tanto en zonas urbanas como rurales, es una demanda de la sociedad. Lo anterior ha generado, en la proyección y ejecución de obras públicas, un crecimiento de la importancia que se asigna a aquellos factores que pueden incidir en la tasa de accidentes.

De este modo, el papel cada vez más relevante de la seguridad vial ha implicado adoptar posiciones cada vez más exigentes en relación con este punto, impulsándose la fijación de criterios claros sobre el control de calidad de materiales y de la ejecución de las obras.

Desde este punto de vista, lograr una mejor señalización constituye uno de los objetivos prioritarios de la seguridad vial, donde el pintado y repintado de la marcación horizontal, finalidad de este texto, representa un hito en el proceso de mejoramiento de nuestros caminos y calles.

Los objetivos básicos que se persiguen con la señalización horizontal son:

- Encauzar y regular la circulación, logrando con ello un tránsito más fluido;
- Guiar y advertir;
- Informar mediante la incorporación de símbolos y leyendas predefinidas.

El comportamiento de la señalización horizontal en el tiempo, requisito importante al momento de elegir entre un producto u otro, depende de las características del material, del tipo de sustrato sobre la cual se aplica dicho material, del tipo y cantidad de tráfico, del clima y de las condiciones ambientales próximas a la vía. Tomar en cuenta estas consideraciones implicará tener un resultado con una mejor relación costo beneficio.

1.1 Alcance y Campo de Aplicación

Estas recomendaciones técnicas tienen por objeto lograr aplicaciones de productos para marcas planas horizontales de tráfico que aseguren su visibilidad diurna y nocturna, optimizando su duración de acuerdo al tipo de material usado, el sustrato, el volumen de tráfico y las condiciones ambientales del entorno inmediato a la zona de pintado

Para cumplir con el objeto enunciado se especifican criterios básicos para llevar a cabo la selección de materiales, se enuncian las propiedades básicas que debe reunir la maquinaria y el procedimiento de aplicación.

Asimismo, se entregan antecedentes que permiten una adecuada inspección al trabajo de aplicación, especialmente dirigido a quienes deseen establecer planes de aseguramiento de la calidad de este tipo de trabajos.

Estas recomendaciones no entregan criterios relacionados al diseño de las vías, diseño de las marcas ni consideraciones pertenecientes al ámbito del proyectista.

1.2 Terminología

- **Demarcación Vial**
Línea, símbolo o leyenda aplicada sobre la superficie de la calzada, con fines informativos, preventivos o reguladores de tránsito.
- **Demarcación Vial Elevada**
Aquella demarcación vial que una vez aplicada tiene un espesor mayor que 6 mm y hasta 21 mm inclusive.
- **Demarcación Vial Plana**
Aquella demarcación vial que una vez aplicada tiene un espesor menor que 6 mm.
- **Demarcación Vial Permanente**
Toda demarcación vial respecto de la cual no se haya especificado un uso temporal.

- **Demarcación Vial Temporal**

Aquella demarcación vial cuya duración se establece contractualmente de acuerdo a las necesidades de demarcar mientras se ejecutan trabajos en las vías.

- **Factor de Desgaste**

Factor usado para la selección de material de demarcación vial, resultante al combinar ciertas características particulares del camino o calle.

- **Retroreflexión**

Propiedad que permite que una demarcación vial sea visible en la noche para el conductor, al ser iluminada por las luces de su vehículo.

- **Tránsito Medio Diario Anual (TMDA)**

Cantidad de vehículos promedio diario que circulan en un año por una vía.

- **Unidad de Control**

Superficie de marca vial de un mismo tipo que se puede aplicar con una carga total de la máquina de aplicación al rendimiento especificado en el proyecto con una longitud máxima de 2000m.

1.3 Antecedentes Normativos

Manual de Carreteras, Volumen 5, Sección 5.704: Demarcación de pavimentos

Establece las características que deben reunir los materiales y equipos a utilizar, define los criterios para evaluar el nivel de calidad de las demarcaciones y establece las condiciones de ejecución de las obras, incluido el control de calidad en todas sus fases.

Manual de Señalización de Tránsito, Capítulo 3, Demarcaciones

Describe la función, propósito y características de las señales horizontales.

CAPÍTULO II

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DEMARCACIONES HORIZONTALES

En este capítulo se presentan las especificaciones técnicas que se recomiendan sean exigibles para una demarcación vial horizontal y los materiales usados en su ejecución.

El desarrollo del capítulo presenta inicialmente las recomendaciones de la demarcación, considerando como referencia lo indicado en el Manual de Carreteras, Manual de Señalización del Tránsito y otros documentos reguladores o normativos.

Posteriormente, se desarrollan los requisitos de los materiales a usar, desde la perspectiva de ensayos y certificaciones requeridas para asegurar el cumplimiento de los estándares especificados.

2.1 Especificaciones Técnicas de las Demarcaciones

En general las especificaciones técnicas de las demarcaciones son independientes del tipo de sustrato o materiales usados en su ejecución y guardan relación con la solicitud de visibilidad y durabilidad de la marca.

En este sentido, los requisitos de visibilidad son los mismos para todo tipo de vía, sin embargo los requisitos de durabilidad son diferentes al tratarse de una demarcación definitiva o temporal.

2.1.1 Durabilidad

Los aplicadores deben asegurar que la marca se mantenga dentro de los requisitos establecidos en el proyecto o contrato durante el lapso de tiempo especificado,

En todo caso, se sugiere considerar para los proyectos los siguientes períodos de tiempo mínimos:

- 3 meses para marcas temporales
- 1 año para caminos rurales
- 6 meses para vías urbanas.

2.1.2 Visibilidad Diurna o Nocturna con Alumbrado Artificial (1)

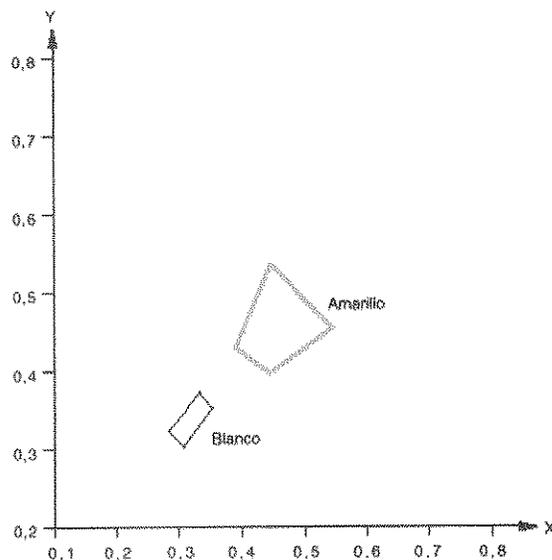
La visibilidad diurna o nocturna con alumbrado artificial depende de tres variables principales: el color de la marca, su factor de luminancia y el contraste.

2.1.2.1 Color

En cuanto a los colores, éstos deben ser blancos o amarillos, manteniéndose durante el período de vida útil establecido en 3.1.1 dentro del polígono de coordenadas cromáticas del Sistema Colorimétrico Estándar CIE 1931.

Coordenadas Cromáticas

Color	x	y	x	y	x	y	x	y
Bianco	0,385	0,355	0,305	0,305	0,285	0,325	0,335	0,375
Amarillo	0,443	0,399	0,545	0,455	0,465	0,535	0,389	0,431



2.1.2.2 Factor de Luminancia

El factor de luminancia (ρ) de cada color indica la eficiencia en la creación de luminancia, según lo determinado por la distribución de luz de la luminaria, las propiedades de reflexión del pavimento de la calzada y la posición que ocupa el observador. Es un valor asociado a la mayor o menor "claridad" de un color.

Los valores establecidos en Chile para el Factor de Luminancia son:

- Blanco: Mayor o igual que 0,40
- Amarillo: Mayor o igual que 0,20

2.1.2.3 Relación de Contraste

Con el fin de asegurar una adecuada visibilidad diurna o nocturna con alumbrado artificial se requiere que la demarcación se destaque de la superficie de la vía.

Lo anterior se asegura estableciendo que la relación de contraste (R_c) sea mayor o igual a 1,7.

La relación de contraste se calcula según la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{\rho_{\text{marca}} - \rho_{\text{pavimento}}}{\rho_{\text{pavimento}}}$$

(1) Se ha incluido el término "nocturna con alumbrado artificial" con el único propósito de destacar la necesidad de visibilidad de las demarcaciones durante la noche en zonas urbanas sin considerar en forma exclusiva los requisitos derivados de la iluminación proveniente de los faros de los vehículos.

2.1.3 Visibilidad Nocturna

La visibilidad nocturna depende de la retrorreflexión de la marca.

2.1.3.1 Retrorreflexión

Los requisitos establecidos en el Manual de Carreteras y en el Manual de Señalización de Tránsito son diferentes. Para el primero los valores indicados representan el valor de recepción de trabajos de demarcación mientras

que para el Manual de Señalización de Tránsito representan el valor mínimo permisible de la marca. El análisis de la información de ambos textos concluye en recomendar que se usen los valores del Manual de Carreteras como requisito contractual de recepción de las aplicaciones tanto urbanas como rurales. Asimismo, usar el valor del Manual de Señalización de Tránsito para disponer el repintado o las acciones de mantenimiento que correspondan con el fin de devolver a la vía las condiciones de retrorreflexión que aseguren la visibilidad de los conductores.

Los valores establecidos (mcd/lux-m²) se indican en la siguiente tabla:

Ángulos		Manual de Carreteras				Manual de Señalización de Tránsito	
Iluminación	Observación	Colores				Colores	
		Blanco		Amarillo ¹		Blanco	Amarillo
		30 días	180 días	30 días	180 días		
3,5°	4,5°	300	230	180	--	120	95
1,24°	2,29°	200	150	120	--	90	70

Nota 1: A la fecha de elaboración de este texto no se ha establecido el valor mínimo para amarillo a 180 días

α:	ángulo de observación
β:	ángulo de iluminación



Debe considerarse que los requisitos establecidos en el Manual de Carreteras corresponden a aquel que debe medirse durante los primeros 30 días de hecha la

aplicación, mientras que el indicado en el Manual de Señalización de Tránsito corresponde al umbral bajo el cual se debe repintar.

2.1.4 Resistencia al Deslizamiento

La carpeta de rodado y sus marcas deben presentar una resistencia al deslizamiento suficiente para permitir a los vehículos circular sobre ella sin riesgos. Esta condición depende directamente del coeficiente de roce.

El coeficiente de roce de las demarcaciones debe ser siempre:

- Mayor o igual que 0,40 en vías urbanas y
- Mayor o igual a 0,45 en vías rurales.

2.2 Especificaciones Técnicas de los Materiales Base para Demarcar

En esta sección se entregan las especificaciones técnicas de los materiales usados directamente para demarcar que están incluidos en el alcance de este documento técnico.

La presentación está basada en la tabla siguiente, donde se ha dividido a los materiales en líquidos (pinturas), plásticos (termoplásticos), de varios componentes y prefabricados.

	Materiales Líquidos			Materiales Plásticos		Materiales de varios componentes		Materiales Prefabricados	
	Base acuosa	Base solvente Alquídica	Acrílica	Alquídicos	Hidrocarburos	Meta-crilatos	Epóxicos	Auto-adhesivo	Plástico
Sangrado NCh 2156 UNE 135-201-B	6 a 8 Método Fotográfico 0,96 Método Colorimétrico			N/A		N/A	Con solvente: mismo ensayo que materiales líquidos Sin solvente, N/A	N/A	
Poder Cubridor Blanco NCh 2159	≥ 0,95			N/A		N/A		N/A	
Poder Cubridor Amarillo NCh 2159	≥ 0,90			N/A		N/A		N/A	
Tiempo Secado Apto Tránsito NCh 2140	< 30 min	< 45 min	< 30 min	< 30 min		< 30 min		N/A	
Envejecimiento UV UNE 48-251	Variación factor luminancia <0,05 Mantenimiento del color dentro polígono de 3.1.2.1.			Variación factor luminancia <0,05 Mantenimiento del color dentro polígono de 3.1.2.1.		Variación factor luminancia <0,05 Mantenimiento del color dentro polígono de 3.1.2.1.		Variación factor luminancia <0,05 Mantenimiento del color dentro polígono de 3.1.2.1.	
Flexibilidad	Pasa ensayo con mandril cilíndrico de 12 mm			N/A		N/A		N/A	
Punto de Ablandamiento LNV 48	N/A			>95 °C zonas cálidas >75 °C zonas frías		N/A		N/A	
Temperatura del punto de inflamación UNE 104-281	N/A			> 235 °C		N/A		N/A	
Estabilidad en envase NCh 2156	Sedimentación _ 8 y además no se debe producir aumento de consistencia _ a 5 UK, cuando se ha sometido la pintura a 60 °C durante 18 h.			N/A		N/A		N/A	
Resistencia al flujo UNE 135-223	N/A			<5% cuando es sometida a 60 °C durante 24 h		N/A		N/A	
Adherencia NCh 2154	1,96 MPa			N/A		N/A		N/A	
Variabilidad materia volátil NCh 2152	± 2%			N/A		N/A		N/A	

La tabla anterior especifica los requisitos a los materiales, considerando ensayos de laboratorio. La realización de estos ensayos y la emisión de los certificados correspondientes es un acuerdo contractual entre mandante y contratista.

Se considera apropiado indicar que estos ensayos no representan necesariamente el cumplimiento de especificaciones de la demarcación aplicada.

2.3 Especificaciones Técnicas de los Materiales Complementarios para demarcar

Se consideran materiales complementarios para demarcar a aquellos que en conjunto con los materiales base permiten que éstos satisfagan uno o más de los requisitos técnicos solicitados a las marcas.

En general se trata de microesferas de vidrio, imprimantes, aditivos y otros materiales.

En esta parte se indican las especificaciones técnicas para este tipo de materiales.

2.3.1 Microesferas de Vidrio

Las Microesferas de Vidrio le dan al material base usado para demarcar las propiedades reflectivas, es decir la característica de retrorreflexión que se ha determinado como requisito de la demarcación.

A la fecha de elaboración de este documento técnico se comercializan en Chile dos tipos de Microesferas de Vidrio: para mezclado y para sembrado.

· Aquellas para mezclado son fabricadas y especificadas para ser incorporadas al material base antes de la aplicación, lográndose la retrorreflexión una vez que el

desgaste pone al descubierto las microesferas sumergidas en la capa de la marca.

· Las microesferas de sembrado son fabricadas y especificadas para ser proyectadas sobre marcas recién aplicadas y dar la característica de retrorreflexión inmediata.

La intensidad de la retrorreflexión de la demarcación en condiciones nocturnas, depende de la correcta aplicación de las microesferas de vidrio y del hecho que ellas cumplan ciertos requisitos técnicos relacionados con la esfericidad, granulometría, índice de refracción, apariencia y defectos y densidad de masa.



2.3.1.1 Esfericidad

La esfericidad de las microesferas de vidrio debe ser superior al 80%. Este requisito influye en la homogeneidad de la reflexión del haz luminoso.

2.3.1.2 Apariencia y Defectos

Las microesferas deben ser limpias, claras, incoloras y exentas de materias extrañas. Se permite hasta un 3% de partículas o materias extrañas como microesferas quebradas, partículas de vidrio no fundidas u otros.

2.3.1.3 Índice de Refracción

Las microesferas de vidrio deben tener un índice de refracción sobre 1,5.

Se debe ensayar según la NCh 2138 Anexo A.

2.3.1.4 Granulometría

El tamaño de las microesferas de vidrio, aceptadas en el Manual de Carreteras, se indica en la siguiente tabla:

MALLA N°	ABERTURA mic	PORCENTAJE QUE PASA		
		I %	II %	III %
18	1000	--	--	100
20	850	--	100	98-100
30	600	--	80-100	75-95
40	425	--	--	--
50	300	100	20-50	9-35
70	212	90-100	--	--
80	180	--	--	--
100	150	--	--	--
140	106	10-55	0-10	0-5
200	75	--	0-2	--
230	63	0-10	--	--

Nota: Banda I: Para incorporar en pinturas previo a su aplicación
Banda II: Para incorporar en el material termoplástico o sembrar en pinturas y plásticos de dos componentes.
Banda III: Para sembrar en termoplásticos.

Es posible usar otras bandas granulométricas dependiendo del tipo de sustrato, espesor de la marca aplicada u otras consideraciones técnicas que garanticen resultados de retroreflexión y maximicen la vida útil de la marca.

2.3.1.5 Resistencia a Agentes Químicos

Las microesferas de vidrio deben ser resistentes y no presentar deficiencias en su índice de refracción al estar en contacto con sulfato de sodio, agua, cloruro de calcio y ácidos en general.

Se debe ensayar según lo indicado en la UNE 135-284.

2.3.2 Diluyentes

Normalmente las pinturas a aplicar se comercializan listas para ser aplicadas.

Los diluyentes a usar para limpieza de equipos y herramientas deben ser compatibles con la pintura que se ha especificado, lo que debe ser consultado directamente con el proveedor de la pintura.

CAPÍTULO III

CONSIDERACIONES PARA ESPECIFICAR MATERIALES PARA DEMARCAR

El desgaste que se produce en la demarcación vial no es homogéneo y depende de una serie de factores, los que deben ser considerados al momento de seleccionar el material a usar.

En este capítulo, se trata cada una de esas consideraciones en forma separada, tomando en cuenta que lo gravitante en el proceso de selección es la adecuada combinación de cada uno de esos factores.

Resulta lógico pensar que el volumen de tránsito, la composición del tránsito, las condiciones ambientales y climáticas del lugar de la aplicación son sólo algunos de los aspectos a tomar en cuenta en la elección del material con que se va a demarcar.

Como resultado del análisis, hacia el fin de este capítulo se entrega una síntesis de las diferentes consideraciones indicadas, cuyo objeto es respaldar la adecuada selección de materiales.

3.1 Metodología

La metodología a seguir para determinar los factores a considerar para la selección del material para demarcaciones viales, se basa en determinar un cierto índice o factor de desgaste supuesto.

Es conveniente destacar que no todas las consideraciones han sido cuantificadas o se les ha asignado un valor característico, motivo por el cual algunas de ellas sí lo tienen y el resto forma parte de un conjunto cuya evaluación dependerá de la experiencia y criterio técnico de quien defina los materiales y procedimientos a seguir.

Con el propósito de determinar el factor de desgaste, se indican ciertos valores por característica de la vía a demarcar, estimándose, hacia el final, un valor total del camino. Este valor final del camino es combinado con otras consideraciones, usando una matriz de análisis para determinar la recomendación de selección del material de demarcación y el método de aplicación.

3.2 Factores Cuantificables a Considerar en la Especificación del Material para Demarcar y su Método de Aplicación

Los factores a considerar en la selección del material para demarcar y su método de aplicación consideran los efectos del volumen de tránsito, el tipo de sustrato y su estado, las condiciones climáticas, ambientales y de entorno inmediato.

Como resultado del análisis de cada uno de ellos, se determina una recomendación técnica para la selección del material a usar y aspectos técnicos relacionados a su aplicación.

3.2.1 Volumen de Tránsito

a) Valor asociado al flujo vehicular

La primera consideración cuantificada es aquella que guarda relación con el efecto del volumen de tránsito esperado en la vía a demarcar.

Estos antecedentes deben ser considerados por el diseñador de la vía o por el mandante del trabajo de mantención de la demarcación vial.

La información requerida es el Tránsito Medio Diario

Anual (TMDA) del tramo en estudio, el que, para efectos de la determinación de productos de demarcación y método de aplicación, es valorado de la siguiente forma:

TMDA	Valor Característico
Hasta 5 000 inclusive	1
Sobre 5 000 y hasta 10 000 inclusive	2
Sobre 10 000 y hasta 20 000 inclusive	3
Sobre 20 000	4

Los valores anteriores representan la condicionante derivada exclusivamente de la cantidad de vehículos que circulan por una vía.

Para vías urbanas se puede extrapolar el cálculo de TMDA mostrado en el recuadro, considerando mediciones de una hora en la hora punta y una hora en fuera de ella. Indicaciones de ello se pueden encontrar en el Instructivo de Mantenimiento de Vialidad Urbana del MINVU.

Cálculo del Tránsito Diario Medio Anual

En general los tránsitos son medidos en 12 horas, por tipo de vehículo y se aplican factores de corrección.

Factor de expansión horaria: Varía entre 1,15 y 2,00. Este factor se obtiene de los datos del Plan Nacional de Censos (PNC) y de la asimilación que se haga en caso de que el camino en estudio no tenga puntos de control establecidos.

Corrección estacional: Se usa para el cálculo el último dato del PNC disponible. Este factor lleva a valor anual la temporada en la cual se contabiliza el tránsito.

El TMDA estimado es el producto del Tránsito de la temporada donde se mide multiplicado por los dos factores indicados

b) Valor asociado a la ubicación de la demarcación en la vía

Es necesario considerar además un segundo valor que considere el desgaste previsto que depende de la ubicación de la demarcación en la misma vía y algunas

consideraciones generales derivadas de esa ubicación. De esta forma, se recomienda considerar lo siguiente:

UBICACIÓN DE LA MARCA VIAL	Valor característico
Zona sin tránsito	1
Línea lateral izquierda, en vías de doble calzada	2
Marcas especiales, flechas y símbolos	2
Línea lateral derecha, en vías de doble calzada o ambas líneas laterales en vías bidireccionales	3
Eje o separación de pistas de circulación	4
Pasos de peatones y líneas de detención.	8

c) Valor asociado al ancho de la calzada y sentido de tránsito

Otra consideración cuantificada relacionada al volumen de tránsito, es el ancho de la calzada y si ésta es de un solo sentido de tránsito o permite la circulación de

vehículos en ambos sentidos.

Los valores que relacionan las consideraciones recién indicadas se muestran en la tabla siguiente:

Ancho de calzada y sentido del tránsito	Valor característico
Un solo sentido de tránsito, cualquier ancho	1
Doble sentido de tránsito, ancho total de la calzada mayor que 7 m.	2
Doble sentido de tránsito, ancho total de la calzada mayor que 6,5 m y menor que 7 m.	3
Doble sentido de tránsito, ancho total de la calzada menor que 6,5 m.	4

Determinación del subfactor: volumen de tránsito

La suma de los valores característicos de las consideraciones derivadas del volumen de tránsito, tomando en cuenta la cantidad y la ubicación de la

demarcación en la vía, se pueden sintetizar en el siguiente cuadro:

Consideraciones relacionadas al volumen de tránsito	Valor característico
TMDA	
Ubicación de la marca vial	
Ancho de calzada y sentido de tránsito	
Subfactor de volumen de tránsito	

3.2.2 Sustrato

Otra consideración importante es determinar la incidencia del sustrato respecto de la durabilidad prevista. En este sentido, sólo una consideración relacionada al sustrato ha sido cuantificada en relación con el factor de desgaste de éste, mientras que las restantes deben ser analizadas de acuerdo a criterios técnicos que permiten orientar la selección de productos y procedimientos. De esta forma sólo ha sido cuantificada la consideración

relacionada a la textura de la superficie.

Con el fin de determinar el valor característico de esta consideración se debe hacer referencia a lo indicado en la norma UNE-EN 1824, que establece el método de determinación de la textura de un pavimento. Se recomienda considerar lo indicado en la siguiente tabla:

Textura superficial del pavimento	Valor característico
Altura de grano de arena menor que 0,7 mm o si la aplicación es sobre una superficie drenante el % de huecos es menor que 20%	1
Altura de grano de arena mayor que 0,7 mm pero menor que 1,0 mm o si la aplicación es sobre una superficie drenante el % de huecos es mayor que 20% pero menor que 25%	2
Altura de grano de arena mayor que 1,0 mm o si la aplicación es sobre una superficie drenante el % de huecos es mayor que 25%	4

3.2.3 Valor Característico a Considerar en la Especificación del Producto para Demarcar y su Método de Aplicación

Se presenta a continuación una síntesis de las consideraciones cuantificables a tomar en cuenta en la especificación del material para demarcar y su método de aplicación.

El cuadro resumen para determinar el factor de desgaste previsto debe ser completado según las indicaciones dadas en los párrafos precedentes:

Consideraciones para determinar el factor de Desgaste Previsto	Valor característico
Valor característico de las consideraciones relacionadas al volumen de tránsito	
Valor asociado a la textura del pavimento	
Factor de Desgaste Previsto	

La documentación técnica extranjera y la experiencia de los integrantes del Grupo Técnico, permiten indicar que

para resultados del factor de desgaste previsto es conveniente usar la siguiente tabla:

Factor de Desgaste Previsto	Durabilidad certificada en pasos de rueda o ciclos de sobrepasado	Ejemplos de productos que cumplen requisito
Menor que 10	sobre $0,5 \times 10^6$	Todos los productos
10 a 15	sobre 10^6	Productos de larga duración aplicados por pulverización o marca vial prefabricada
Mayor que 15	sobre 2×10^6	Marca vial prefabricada o productos de larga duración aplicados por extrusión o por arrastre

Nota: Los pasos de rueda o ciclos de sobrepasado deben ser certificados en aplicaciones de laboratorio, de acuerdo a ensayos tipo y siguiendo las indicaciones de aplicación del fabricante. Según Método B de la Norma UNE 135 200 Parte 3.

Nota: La especificación del material seleccionado debe incluir la descripción del producto, su método de aplicación, dosificación, espesor y cualquier otra

consideración técnica destinada a lograr una mayor durabilidad.

Nota: A la fecha de elaboración de este texto se propone iniciar un estudio para verificar la aplicabilidad de este ensayo en Chile o proponer alternativas.

3.3 Factores No Cuantificables a Considerar en la Especificación del Material para Demarcar y su Método de Aplicación

Una vez predefinido el material a usar y su método de aplicación, se recomienda analizar su compatibilidad y comportamiento respecto de las consideraciones no cuantificables, teniendo cuidado de analizar, a lo menos, las siguientes:

Consideración del tipo y condición del pavimento: Verificar con el proveedor del producto elegido la compatibilidad y requerimientos especiales que dependen del tipo y condición del sustrato. Esta verificación es importante en obras de repintado.

Consideraciones climáticas: Verificar con el proveedor del producto elegido el comportamiento y recomendaciones de aplicación según las condiciones

indicadas en la tabla de condiciones climáticas o datos específicos obtenidos en terreno.

Consideraciones de medio ambiente: Verificar que efecto tienen las condiciones de medio ambiente en los productos elegidos. Los fabricantes deben entregar las recomendaciones técnicas pertinentes.

Consideraciones de entorno inmediato: Verificar las condiciones de entorno inmediato, como por ejemplo los encuentros con caminos de tierra, existencia de bermas de tierra, desechos vegetales o uso frecuente de maquinaria pesada. Los fabricantes pueden entregar asesoría respecto de la aplicación bajo diversas condiciones de entorno inmediato específico.

Estudiar las diferentes consideraciones asegura la mejor elección posible desde la perspectiva técnica. Al respecto, se recomienda estudiar, en conjunto con el mandante y los proveedores de materiales para demarcar, los efectos de precio y la aceptación de ciertos riesgos en cuanto a la durabilidad o mantención en el tiempo de

ciertas características de los productos. El resultado de estos estudios debe quedar establecido en las respectivas especificaciones técnicas del trabajo a contratar.

3.3.1 Tipo y Condición de Pavimento o Sustrato

A continuación se describen los tipos de pavimentos que normalmente se encuentran en el país, indicando aquellos aspectos que se recomienda considerar en la elección del material para demarcar.

3.3.1.1 Pavimento Asfáltico

El pavimento asfáltico es producto de una mezcla aplicada de asfalto y áridos (en un 95%). El asfalto es un compuesto sumamente complejo, derivado de la refinación del petróleo y cuyas características químicas y físicas dependen del tipo usado.

En caminos se encuentran los siguientes tipos de asfaltos:

Cementos asfálticos: Asfalto oxidados

Cementos asfálticos modificados: Asfalto oxidado - polímero

Asfaltos cortado: Asfalto oxidado + solvente

Emulsiones asfálticas: Asfalto oxidado + agua + emulgador

Emulsiones modificadas: Asfalto oxidado + polímero + agua + emulgador

Los diferentes tipos de asfaltos indicados se encuentran debido a que este producto, sin aditivos, es muy susceptible a los cambios de temperatura, el envejecimiento por exposición a la intemperie, la oxidación y la fotodegradación.

Los diferentes tipos de asfaltos indicados se encuentran debido a que este producto, sin aditivos, es muy susceptible a los cambios de temperatura, el envejecimiento por exposición a la intemperie, la oxidación y la fotodegradación.

En algunas ocasiones los pavimentos asfálticos presentan problemas de sangrado cuando se demarca con materiales cuya base es solvente. Este fenómeno se presenta especialmente si la carpeta asfáltica está exudada. Se entiende por sangrado a la reacción que se origina entre el sustrato asfáltico con los componentes solventes de la pintura, produciendo en su superficie un descoloramiento o teñido que afecta la relación de contraste.

En estos casos, se recomienda especificar un producto que no reaccione con el asfalto.

Se entiende por exudación al exceso de asfalto en una mezcla bituminosa que aflora en la superficie de la carpeta.

Cuando se está en la presencia de pavimentos asfálticos, especialmente en el caso de pavimentos exudados, se recomienda especificar un material para demarcar que tenga una menor reacción con el asfalto o, de lo contrario, demarcar inicialmente con un material temporal. Para ello se recomienda solicitar asesoría técnica al proveedor. El uso de detergentes o aceites en rodillos de compactación produce un efecto desmoldante y pérdida de la adherencia de la marca vial. Para detectar este problema se aprecia visualmente una mayor brillantez (aceites) o formación de espuma (detergentes) al mojar el sustrato. Este efecto puede corregirse en el tiempo de operación, recomendándose inicialmente un producto temporal.

3.3.1.2 Pavimentos de Tratamiento Superficial

El tratamiento superficial es un mejoramiento de la superficie de rodado que consiste en la aplicación de áridos graduados sobre riegos asfálticos.

Como resultado de su composición son normalmente superficies rugosas con mayor superficie específica, por lo que es necesario asegurar la elección de productos adecuados para demarcar y considerar como alternativa mayores dosis en simple o doble aplicación.

Se indica como clave para realizar una buena aplicación el asegurar una buena limpieza superficial. Esta limpieza es influyente en la adherencia de los productos a usar.

3.3.1.3 Imprimaciones

Consiste en la aplicación uniforme de un riego asfáltico sobre una superficie granular, originando un sustrato poco estable y con muy poca adherencia, por lo que la demarcación no es duradera.

Se aplica normalmente a bermas construidas en material granular y a sus taludes.

3.3.1.4 Pavimento de Hormigón

El pavimento de hormigón es una mezcla aplicada de cemento, aditivos y áridos, cuya principal característica, para efectos de las pinturas, es su alcalinidad. Con el propósito de prevenir este efecto se recomienda el uso de productos resistentes a la base alcalina.

Asimismo, los hormigones presentan un problema de contraste con algunos colores de la pintura de demarcación usada. Con el fin de evitar ese problema se recomienda pintar un contorno negro que quede bajo la marca y sobresalga de ella.

Por otra parte, un aspecto importante que hay que considerar en los pavimentos de hormigón son las membranas de curado que afectan la adherencia. En este

sentido se recomienda retirarla con hidrolavado u otro mecanismo. Si ello no fuera posible es conveniente usar productos temporales inicialmente.

También debe tenerse presente las terminaciones de las juntas asfálticas cuyo exceso o rebalse genera una superficie donde hay dos sustratos diferentes, lo que afecta el comportamiento de las pinturas. Este efecto puede contrarrestarse pintando por el lado, a unos 5 cm de la junta.

3.3.1.5 Adoquines o Piedras

Presentan problemas de adherencia similares a los de pavimentos viejos, donde el árido está a la vista.

Es necesario considerar que demarcar sobre este sustrato implica un costo adicional debido a la necesidad de aplicar un primer.

3.3.1.6 Pavimentos Previamente Demarcados

Un factor adicional a tomar en cuenta es la naturaleza de la marca vial antigua y su espesor.

El material seleccionado para la aplicación sobre una marca vial existente deberá ser compatible con el de ésta. En una primera aproximación, a modo de orientación, se muestran algunos criterios de compatibilidad en la siguiente tabla:

Compatibilidades de Productos

Material Base	Pintura acrílica base solvente	Plástico de aplicación en frío dos componentes	Termoplástico de aplicación en caliente	Cintas prefabricadas	Pintura alquídica modificada	Pintura acrílica base agua
Material Nuevo						
Pintura acrílica base solvente	EXCELENTE	BUENA	BAJA	BUENA	BAJA	BUENA
Plástico de aplicación en frío dos componentes	BUENA	EXCELENTE	NULA	BUENA	BUENA	BUENA
Termoplástico de aplicación en caliente	BAJA	BAJA	EXCELENTE	BAJA	BAJA	BAJA
Cintas prefabricadas	NULA	NULA	NULA	EXCELENTE	NULA	NULA
Pintura alquídica modificada	BUENA	BUENA	BAJA	BUENA	EXCELENTE	BUENA
Pintura acrílica base agua	BUENA	BUENA	EXCELENTE	BAJA	BUENA	EXCELENTE

Si hay múltiples aplicaciones previas, se recomienda especificar su eliminación antes de la aplicación del nuevo producto.

3.3.2 Condiciones Climáticas

Las condiciones climáticas inciden en los materiales de demarcación, tanto en su selección como en su aplicación. Para cada aplicación es conveniente considerar a lo menos el efecto que sobre los productos pueden ejercer las siguientes condicionantes:

- Temperaturas mínimas
- Temperaturas máximas
- Humedad relativa
- Soleamiento (radiación UV)
- Lluvia
- Salinidad

Antecedentes chilenos respecto de los valores correspondientes de cada una de las consideraciones

climáticas indicadas, han sido extractados de la NCh 1079, Zonificación Climático Habitacional para Chile.

Cabe mencionar, respecto de las temperaturas, que los valores de mayor utilidad son la temperatura mínima ambiente y la temperatura máxima del pavimento. La norma usada de referencia no registra ninguno de los valores mencionados, sino que expresa la temperatura ambiente media y su oscilación media diaria. Estos valores corresponden al resultado del procedimiento empleado estadísticamente para manejar datos meteorológicos. Se incluyen en este documento, porque permiten entregar antecedentes aproximados de utilidad para los fines que persigue este texto técnico.

Los otros valores indicados en la tabla de zonificación climática, corresponden a los indicados y se ha estimado que cumplen directamente con los fines propuestos.

VALORES POR ZONAS CLIMÁTICAS

ZONA	Temperatura °C				Humedad Relativa		Soleamiento		Precipitaciones	Salinidad	
	Media		Oscilación diaria		%		Horas sol / día		Mm	Atmósfera	Suelo
	E	J	E	J	E	J	E	J	Anual		
NORTE LITORAL	20.5	14.9	7.3	5.0	72	75	13.3	10.9	2.6	si	Si
NORTE DESÉRTICO	16.9	8.0	17.6	20.2	--	36	13.5	10.5	9.0	--	--
VALLES TRANSVERSALES	19.5	10.6	15.6	11.4	61	75	14.0	10.1	132	no	No
CENTRAL LITORAL	17.8	11.4	9.2	7.3	70	78	14.2	9.9	463	si	Si
CENTRAL INTERIOR	20.7	7.9	17.0	11.3	52	79	14.3	9.8	367	no	No
SUR LITORAL	16.6	8.7	14.2	8.5	75	88	14.5	9.5	1338	si	No
SUR INTERIOR	14.9	6.3	17.2	7.6	70	86	15.0	9.1	1330	no	No
SUR EXTREMO	11.2	2.2	8.2	4.7	68	80	16.8	7.4	416	si	No

E: Enero

J: Julio

Los datos de cada una de las zonas corresponden a las siguientes localidades:

• **NORTE LITORAL:** Arica, Pisagua, Iquique, Tocopilla, Antofagasta, Taltal, Chañaral, Caldera y Huasco.

• **NORTE DESÉRTICO:** Huará, Pozo Almonte, Calama, Quillagua, María Elena y Baquedano.

• **VALLES TRANSVERSALES:** Ovalle, Combarbalá e Illapel

• **CENTRAL LITORAL:** Quinteros, Viña del Mar, Valparaíso, San Antonio y Pichilemu.

• **CENTRAL INTERIOR:** San Felipe, Los Andes, Santiago, Rancagua, Curicó, Talca, Linares y Cauquenes.

• **SUR LITORAL:** Tomé, Concepción, Talcahuano, Coronel, Arauco y Lebu

• **SUR INTERIOR:** Temuco, Loncoche y Osorno

• **SUR EXTREMO:** Puerto Natales y Punta Arenas.

Es conveniente considerar que los datos mostrados son referenciales y constituyen la mejor aproximación que hoy en día puede hacerse con la información estadística disponible en el país.

Se recomienda considerar en las especificaciones técnicas de la aplicación de material para demarcar lo siguiente:

• En zonas con variación de temperatura diaria por sobre

8 °C, durante el período de aplicación, se producen variaciones en la viscosidad de los productos líquidos por lo tanto se recomienda verificar los espesores de aplicación periódicamente.

- En zonas con temperaturas mínimas bajo 5 °C: Restringir la aplicación a períodos del año donde se tenga una probabilidad de temperaturas más altas o especificar calefaccionar área de trabajo.
- En zonas con alta radiación: Especificar materiales resistentes a la radiación UV.
- En zonas con precipitaciones promedio por sobre 1000 mm. anuales: Especificar marcas auxiliares, por ejemplo tachas, demarcaciones con resaltes, etc.

3.3.3 Medio Ambiente

Las condiciones del medio ambiente tienen un efecto directo sobre el material usado para demarcar. En principio se recomienda considerar el efecto de a lo menos tres variables en este sentido, las que se mencionan a continuación.

3.3.3.1 Efecto de Polución:

La lluvia ácida puede afectar a los pigmentos de plomo que contiene la pintura amarilla por lo que se debe solicitar al proveedor que incorpore formulaciones especiales.

El material particulado ennegrece el producto aplicado, afectando el contraste. Este aspecto no se soluciona con la elección de producto y se recomienda efectuar mantenimiento periódico lavando las marcas.

3.3.3.2 Efecto de Erosiones:

Hay vías que por su emplazamiento son afectadas por sedimentos abrasivos que afectan a las marcas. Este efecto, incluso es de mayor importancia para el desgaste que el flujo vehicular.

Este efecto se puede observar en zonas costeras cercanas a dunas, pozos de áridos, etc. Es conveniente considerar que en aquellas zonas donde el efecto es previsible, el factor de desgaste puede aumentar sustancialmente, lo que afectaría la selección del material a aplicar.

3.3.3.3 Efecto de Lluvia Mineral

Polvo mineral en suspensión que se adhiere al producto y que en presencia de humedad afecta la homogeneidad del color. Es un efecto leve en la superficie de la marca presentando puntos de color óxido, debido a las partículas que se depositan.

Este fenómeno puede presentarse en todo tipo de producto.

3.3.4 Entorno Inmediato

Las condiciones derivadas del entorno inmediato de la vía a demarcar tienen una incidencia importante al momento de seleccionar el material y el procedimiento de su aplicación.

La preocupación y detalle que el proyectista o mandante debe tener en cuenta al momento de especificar el material a usar para demarcar, debería considerar a lo menos los factores relacionados con el entorno inmediato que se mencionan a continuación.

3.3.4.1 Desechos Vegetales

Las demarcaciones en lugares con riesgo de recibir desechos líquidos de productos vegetales, como ferias libres, caminos en sectores de transporte de productos vegetales, accesos a rellenos sanitarios, etc., deben considerar el efecto de la acción que sufren los productos de demarcación en su visibilidad. Este efecto también se presenta en zona donde puede caer resina de árboles sobre las marcas.

En zonas donde la ocurrencia de este fenómeno es frecuente se sugiere considerar que es un área de mantención o repintado frecuente.

3.3.4.2 Encuentros con Tierra

Un efecto de alta erosión se encuentra en zonas de bermas no pavimentadas o en encuentros de caminos con vías secundarias no pavimentadas.

En el caso de bermas no pavimentadas se recomienda considerar un incremento del factor de desgaste en todo el tramo.

En el caso de los encuentros con caminos secundarios no pavimentadas, el material de demarcación sufre los efectos de erosiones en a lo menos 200 m de distancia desde el punto de encuentro. Cuando su frecuencia sea mayor que 3 cruces cada 2 km, se recomienda considerar un incremento del factor de desgaste similar al indicado para las erosiones derivadas del medio ambiente o demarcaciones frecuentes.

3.3.4.3 Uso de Maquinaria Pesada

Un efecto de destrucción de las marcas se produce en zonas donde operan máquinas pesadas, especialmente en áreas de nieve o hielo. En estos sectores el uso de barrienes o neumáticos con cadenas o clavos destruye las marcas.

En estos lugares se recomienda especificar aplicaciones anuales al término de la temporada de hielo y nieve.

3.4 Síntesis de Consideraciones y Recomendaciones Incorporadas a las Especificaciones Técnicas

Se presenta a continuación una síntesis de las consideraciones a tomar en cuenta en la selección del material para demarcar y su especificación de aplicación. Se recomienda verificar se cumplan las siguientes instancias:

¿Se ha calculado el factor de desgaste?
¿Se ha analizado el efecto del tipo de sustrato?
¿Se ha analizado el efecto del clima?
¿Se ha analizado el efecto de las condiciones del medio ambiente?
¿Se ha analizado el efecto de condiciones del entorno inmediato?
¿Los análisis efectuados han confirmado o variado el producto originalmente indicado?
¿Se especifica el producto y su dosificación?
¿Se especifica el método de aplicación?

CAPÍTULO IV

RECOMENDACIONES PARA LA APLICACIÓN

Este capítulo presenta recomendaciones prácticas para la aplicación de productos usados en demarcaciones horizontales de vías destinadas a la circulación de vehículos motorizados.

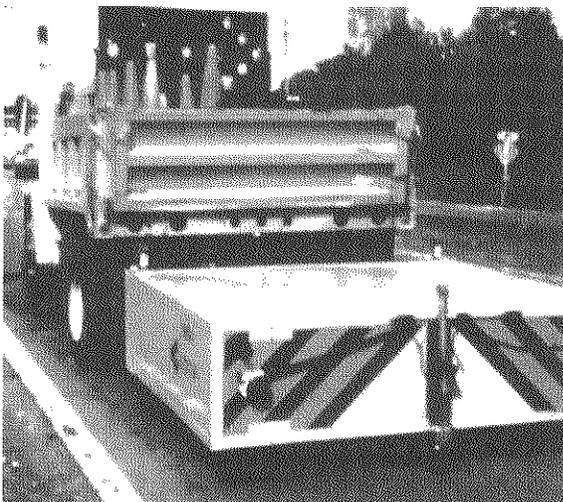
Inicialmente se muestran algunas consideraciones de prevención de riesgos inherentes a las faenas de pintado de calles y carreteras, tanto para vías nuevas como en uso.

La preparación de la superficie a demarcar, la dosificación de los componentes o distintos materiales a usar, junto con recomendaciones prácticas a tomar en cuenta en cada aplicación, forman parte de este capítulo.

4.1 Prevención de Riesgos

Las situaciones de riesgo de quienes trabajan en obras viales y con materiales peligrosos se pueden deber a diversas causas, las que para efectos de este texto se clasificarán como aquellas derivadas de:

- el tráfico;
- los equipos a usar y
- los materiales usados.



4.1.1 Riesgos Relacionados al Tráfico

El riesgo de mayor frecuencia de ocurrencia para los aplicadores de demarcaciones viales horizontales lo constituye el hecho de trabajar en zonas con tráfico de vehículos. En este sentido es conveniente considerar los efectos relacionados con el volumen de tránsito, condiciones de visibilidad donde se aplica, velocidad de circulación y horarios de trabajo.

Además, se debe considerar, especialmente en trabajos nocturnos, que la ropa de trabajo cumpla con los requisitos de color, retrorreflexión y visibilidad que se indican en el Manual de Señalización de Tránsito, Capítulo 5.

Es recomendable que los vehículos usados en la faena de aplicación cuenten en la parte trasera con dispositivos de amortiguación de impacto, iluminación y señalización adecuada.

A este respecto, es importante mencionar que el capítulo 5 del Manual de Señalización de Tránsito, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, "Señalización Transitoria y Medidas de Seguridad para Trabajos en la Vía" establece cómo deben señalizarse los trabajos y cuáles deben ser las medidas que se deben adoptar para evitar riesgos de accidentes.

4.1.2 Riesgos Relacionados a los Equipos

Los riesgos inherentes a los equipos —alta presión y temperatura— pueden disminuirse si el operador efectúa una adecuada mantención antes de comenzar a usarlos. Este chequeo debe hacerse según indicaciones de detalle contenidas en el manual de cada equipo e instrucciones específicas de seguridad. Algunas acciones típicas en este sentido son la verificación de escapes de aire o gas, ruidos extraños al poner en marcha en vacío e inspección

ocular del equipo.

Durante la operación, se debe detener la aplicación ante cualquier irregularidad, por ejemplo algún ruido anormal, una caída de presión o un escape de gas.

Es necesario que cada equipo tenga su lista de verificación, tanto para la puesta en marcha como para su operación y detención, con el fin que los operadores apliquen todas y cada una de las indicaciones que allí se detallan. El incumplimiento de lo anterior presupone una situación de riesgo a los operadores.

Es obligatorio que los equipos posean silenciador en buen estado.

4.1.3 Riesgos Relacionados a los Materiales

Respecto de los materiales usados para demarcar, se pueden reconocer fácilmente dos riesgos principales, aquellos derivados de la composición química de los materiales y aquellos derivados de la temperatura de trabajo.

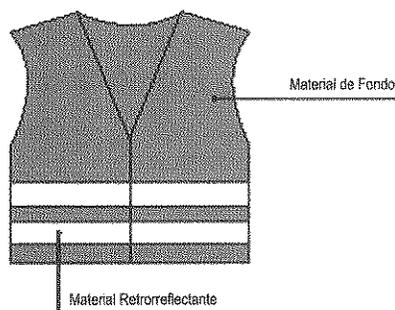
El personal que integra las cuadrillas de trabajo debe ser instruido respecto de los principales riesgos inherentes a los materiales. Se debe asegurar que los operadores porten y conozcan el contenido de las fichas de seguridad del producto.

Por otro lado, es recomendable que las prendas de vestir usadas por el personal que participa en las faenas de demarcación vial, cumpla con los siguientes requisitos mínimos:

- Zapatos de seguridad: uso en toda ocasión;
- Buzo de trabajo de mezclilla, caretas transparentes, guantes de cuero de puño largo y camisa de algodón manga larga: uso cuando se trabaje cerca de calderas o fusores;

- Guantes a prueba de solventes: uso cuando se trabaja con pinturas;
- Buzo de trabajo con manga larga y pantalón largo: uso cuando se trabaje con termoplásticos;
- Lentes de seguridad: uso en lugares con riesgo de salpicaduras de gotas o partículas de material;
- Protectores auditivos: uso cuando se trabaje cerca de equipos muy ruidosos y
- Máscaras o protector de respiración: uso en operaciones de arenado o granallado.

Los requisitos indicados respecto a las prendas de vestir a usar por los trabajadores sólo se refieren a aquellos destinados a brindar protección contra potenciales riesgos derivados de los materiales y no consideran riesgos relacionados al tráfico, los que se indican en 4.1.1.



4.2 Preparación de las Superficies

Antes de iniciar el proceso de aplicación del producto seleccionado para demarcar, se debe efectuar una inspección al pavimento a fin de comprobar su estado superficial y detectar posibles defectos existentes que influyan en la aplicación.

Se debe verificar que el producto elegido para demarcar sea compatible con el sustrato (pavimento o marca antigua).

El objetivo de la preparación de las superficies es asegurar la adherencia entre la superficie del pavimento y el producto que se aplica. Cualquier material de demarcación presentará fallas si existe en la calzada tierra, polvo, aceites, humedad u otros que impida el anclaje de dicho material con el sustrato.

La superficie debe ser limpiada mediante barrido manual o mecánico o usando aire comprimido o hidrolavado.

La superficie debe estar seca. La humedad es un factor perjudicial para la adherencia de cualquier producto. Para verificar que no hay humedad en la superficie se recomienda realizar la siguiente prueba:

Pegue con una cinta adhesiva una lámina de 0,45 x 0,45 m de plástico delgado, polietileno, a la superficie del camino, cuidando de sellar todos los bordes. Después de 15 minutos, examine la parte inferior de la lámina y la superficie de la vía. Si se aprecia humedad a simple vista, no inicie la aplicación.

4.2.1 Preparación de Pavimentos Nuevos

En caso de hormigones se recomienda retirar la membrana de curado o especificar una marca provisoria.

En caso de asfaltos se recomienda además lavado a presión para remover posibles restos de detergentes.

4.2.2 Preparación de Pavimentos Antiguos

La superficie antigua debe estar libre de demarcaciones existentes que presenten una mala adherencia o que sean no compatibles con el producto seleccionado para demarcar.

La eliminación de marcas antiguas debe efectuarse mediante arenado, hidrolavado o eliminación mecánica.

4.3 Topografía Previa y Premarcado

La topografía previa y premarcado es la etapa del proyecto donde los planos son trasladados desde el papel a la superficie a demarcar.

En algunos casos, se proveerá al aplicador de planos de detalle de la demarcación y en otras se le indicará el uso de dibujos normalizados.

El contratista de demarcaciones debe saber los requisitos técnicos de las diferentes demarcaciones, anchos de líneas y aplicabilidad de las marcas.

Si se detecta que el pavimento no es consistente con los planos se debe solicitar al mandante que ajuste en terreno los planos.

4.3.1 Topografía Previa

La topografía previa consiste en dibujar en la vía, con pintura compatible con el producto especificado, los puntos previos a las líneas de marcado.

Este levantamiento se realiza usando instrumentos topográficos y siguiendo las indicaciones del proyecto según se ha indicado precedentemente.

En esta etapa se pueden detectar diferencias entre lo indicado en el proyecto y la realidad de terreno. En este sentido, las diferencias detectadas deben ser puestas en conocimiento del mandante y se debe buscar la solución y resolución respecto de la ubicación exacta del marcado.

En vías urbanas, las líneas centrales se trazan usando huincha en el punto central entre soleras o según las indicaciones del plano del proyecto respectivo.

La topografía previa, una vez confirmada en cuanto a su localización es premarcada.

4.3.2 Premarcado

El premarcado consiste en marcar la vía de manera tal que sea fácil de seguir para los operadores de los equipos o aplicadores.

Las premarcas son marcas circulares de unos 3 cm de diámetro que se recomienda se pinten cada 5 m en líneas rectas, a distancias menores de 3 m en curvas e islas de canalización u otras marcas. Sin perjuicio de lo indicado, estas distancias deberían disminuirse según la experiencia del operador de la maquinaria.

Estas marcas se ejecutan con tiza o pintura siguiendo la topografía previa.

Una vez ejecutado el premarcado se trazan los puntos donde se dibujarán las marcas transversales o leyendas.

4.4 Aplicación de Pintura para Demarcación

Las pinturas son especificadas normalmente para pavimentos con factor de desgaste bajo 10 según lo indicado en el Capítulo 2.

Hay dos formas de aplicación de pintura, que difieren en cuanto al momento de incorporación de las microesferas de vidrio. En el primer criterio, éstas se premezclan antes de la aplicación y posteriormente se siembra. En el segundo criterio, no hay premezclado y todas la microesferas se aplican por sembrado.

Por otro lado, en cuanto al equipamiento usado, la aplicación en carreteras se efectúa siempre usando equipos autopropulsados, mientras que en zonas urbanas se efectúa con equipos autopropulsados o manuales portátiles.

La secuencia de preparación de la pintura y los conceptos relacionados a su aplicación son prácticamente iguales

y se detalla a continuación.

Se debe verificar que las condiciones ambientales sean las adecuadas para pintar:

- Temperatura ambiente superior a 5 °C
- Temperatura ambiente inferior a 35 °C.
- Temperatura del pavimento superior en 3 °C a la correspondiente al punto de rocío Punto de Rocío ⁽¹⁾
- Humedad ambiente menor que 80%
- Velocidad del viento sea inferior a 25 km/h
- Que no esté lloviendo o amenaza dentro de las siguientes dos horas.

En el caso de equipos autopropulsados diseñados con control de aplicación en condiciones climáticas adversas, se permite su uso fuera de los rangos indicados, en cuanto a temperaturas y velocidad del viento, pero se mantiene la restricción derivada de lluvia o exceso de humedad y punto de rocío.

⁽¹⁾ Punto de Rocío se define como la temperatura a la cual se debe enfriar un volumen de aire a presión y contenido de vapor constante, para que ocurra saturación. La temperatura del punto de rocío es estimada mediante las tablas psicrométricas. También es factible el uso de instrumentos digitales. Ver Anexo al final de este capítulo para uso de tabla psicrométrica.

Criterio de premezclado

En el caso de premezclado, para equipos convencionales se debe homogeneizar la pintura cuidando que no queden pigmentos en el fondo de los envases. Una vez verificado lo anterior se debe incorporar a la pintura las microesferas de vidrio de premezclado, en las dosis y forma recomendada por el fabricante de pintura y según las indicaciones del proyecto.

Las tablas de cantidad de microesferas de vidrio a incorporar varían también dependiendo del tipo de pintura que se aplicará. Es necesario asegurar que todas las microesferas estén secas.

En general, se recomienda que por cada 900 g/m² (gramos de producto con microesferas de vidrio incorporadas por metro cuadrado de superficie pintada), se tengan 720 g/m² de pintura y 180 g/m² de microesferas de vidrio, lo que equivale aproximadamente a unos 250

gramos por cada litro de pintura. Se recomienda consultar al fabricante para valores exactos.

Criterio sin premezclado

Para usar este criterio se recomienda el uso de equipos con sembradores de microesferas a presión lo que asegura una óptima distribución y penetración en la pintura.

Existen diferentes granulometrías para microesferas de sembrado. La experiencia indica que los mejores resultados se obtienen con doble sembrado, aplicando primero microesferas diámetros mayores.

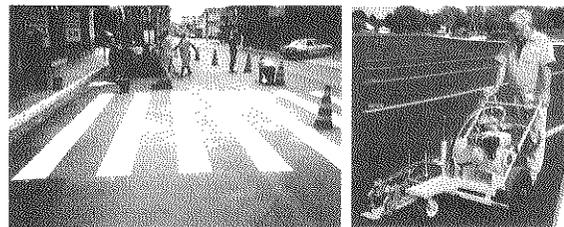
4.4.1 Aplicación Manual en Zonas Urbanas o Demarcación de Figuras

Normalmente la aplicación manual de pintura en zonas urbanas o donde deban pintarse figuras o símbolos se ejecuta con equipos portátiles.

En el caso de figuras o símbolos se usan plantillas que se sobreponen en el pavimento. Para delimitar los bordes de líneas se puede usar regletas de cualquier material. En general, se aplican capas sucesivas de pintura hasta lograr el espesor especificado.

Inmediatamente después de aplicar la última capa se deben sembrar las microesferas de vidrio. La dosis normalmente usada se encuentra entre 300 a 500 g/m², excepto si el fabricante especifica una dosificación diferente.

El sembrado se hace al voleo con cierta fuerza que asegure una penetración en la pintura y una aplicación uniforme.



4.4.2 Aplicación con Equipos Auto-propulsados en Carreteras o Zonas Urbanas que lo Permitan

Una vez premezclada la pintura con las microesferas de vidrio en el depósito del vehículo, se debe regular el caudal de la aplicación para cumplir con las especificaciones técnicas.

Cada equipo autopulsado debe contar con indicaciones específicas de las cantidades a usar y tabla de velocidad y ajuste.

Asimismo, se debe regular el sistema de control de ancho y espaciado de línea.

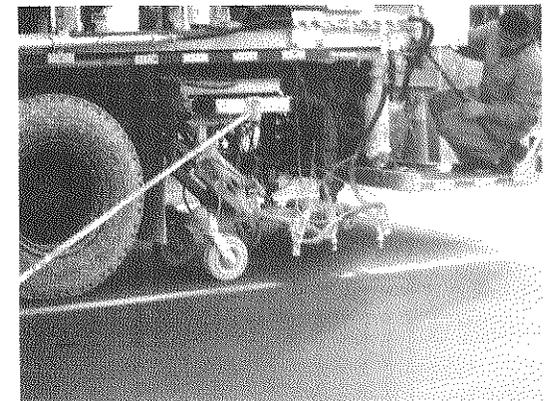
La cantidad de microesferas de vidrio a sembrar es equivalente al del pintado manual, es decir entre 300 y 500 480 g/m².

4.4.3 Calibración de la Dosificación

Para obtener la dosis necesaria a aplicar en la demarcación de pavimentos, se deben medir los flujos de salida de material base y de microesferas de vidrio según la dosificación especificada por metro cuadrado y la velocidad de aplicación del equipo.

Un método para conseguir una buena calibración consiste en utilizar envases transparentes con una marca visible que indique el nivel que debe alcanzar el material que sale del dispositivo de distribución en un tiempo definido. La marca del envase se debe materializar matemáticamente según la capacidad y velocidad de aplicación. Es recomendable tabular estos datos para diferentes dosificaciones.

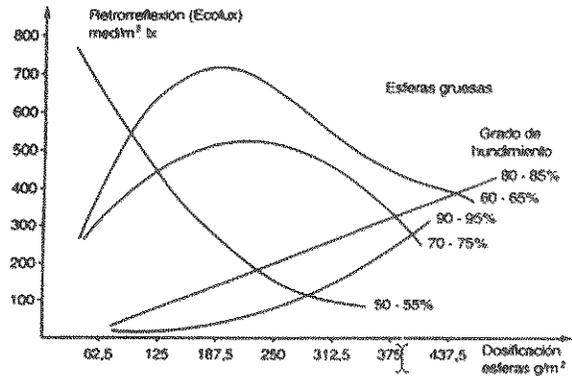
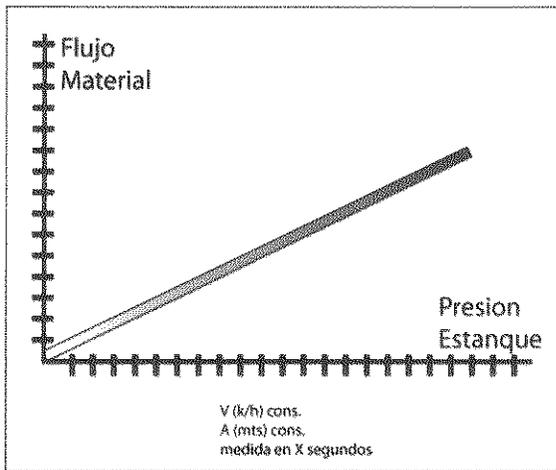
Esta calibración, permite que el equipo quede en condiciones de aplicar la dosis solicitada en superficie plana, por lo que es necesario efectuar pequeños ajustes en terreno dependiendo de la condición del sustrato.



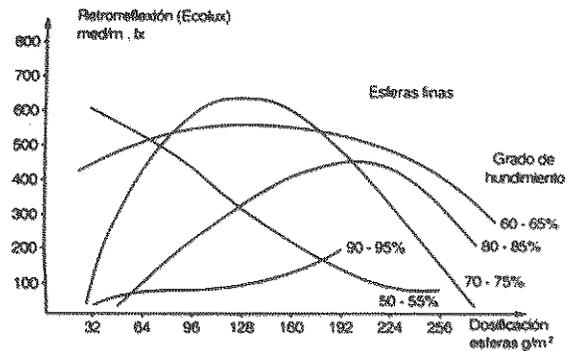
Las tablas siguientes son ejemplos de aplicación para una marca continua de 15 cm de ancho, 500 micrones de espesor, 400 gramos de microesferas de vidrio por metro cuadrado, controlado cada 15 s.

Tabla: Ejemplo de calibración

Velocidad Km/h	Pintura l/15s	Microesferas de vidrio kg/15s
4	1.25	1.00
5	1.56	1.25
6	1.88	1.50
7	2.19	1.75
8	2.50	2.00
10	3.13	2.50



Retroreflexión en función del número de esferas por cm² o de la dosificación (g/m²) para granulometrías 0,315-0,500 mm.



Retroreflexión en función del número de esferas por cm² o de la dosificación (g/m²) para granulometrías 0,125-0,315 mm.

4.5 Aplicación de Termoplástico para Demarcación

El termoplástico es un producto para demarcación que se especifica normalmente en zonas con factor de desgaste previsto sobre 10.

La aplicación de termoplásticos también requiere de la preparación de la superficie, en cuanto a su limpieza y humedad.

Se suma a lo anterior el requisito de temperatura, respecto de la cual se debe verificar que la temperatura ambiente sea sobre 12 °C, que la temperatura del pavimento sea sobre 10 °C y que la sensación térmica sea sobre 7 °C. (El viento es el factor determinante de la sensación térmica)

Por carecer de solventes el material termoplástico se aplica en estado fundido, a una temperatura de aproximadamente 200 °C.

Hay tres métodos de aplicación, zapata, pulverización y zapata a presión (Ribbon). Se describe más adelante cada uno de ellos.

4.5.1 Sobre la Fusión del Termoplástico

El equipo fusor debe ser llenado inicialmente con termoplástico granulado a un tercio de su capacidad. Una vez que su contenido esté fundido se agrega el restante material para llenar el fusor a su capacidad de operación. Durante este proceso el producto debe ser agitado permanentemente.

El material termoplástico debe ser adquirido con las proporciones de contenido de microesferas de vidrio

recomendadas para la aplicación que se ejecutará. En términos generales, se considera que un 30% del peso total del producto son microesferas.

Transferir el termoplástico al equipo de aplicación 30 minutos después que su temperatura alcance el valor indicado por el fabricante (sobre 180 °C). Durante esta transferencia el producto debe pasar por un filtro de 6 mm de apertura.

Agregar más material termoplástico cuando se haya usado 2/3 del material fundido. En general, el material estará listo en unos 30 minutos.

Es importante destacar que los materiales termoplásticos no deben estar por más de 6 horas a una temperatura sobre 200 °C y nunca deben exceder 230 °C.

Los fabricantes deben indicar la cantidad de veces que un material termoplástico puede ser refundido.

Es importante destacar que los materiales termoplásticos no deben estar por más de 6 horas a una temperatura sobre 200 °C y nunca deben exceder 230 °C.

Los fabricantes deben indicar la cantidad de veces que un material termoplástico puede ser refundido.

4.5.2 Aplicación de Primer

Con el propósito de sellar la superficie y crear un puente de adherencia, previo a la aplicación de termoplástico se debe imprimir con un espesor mínimo recomendado de 100 micrones. El material adecuado depende si la superficie es asfalto u hormigón.

Una vez aplicado el primer se recomienda aplicar el termoplástico apenas esté seco al tacto. Asimismo, no se recomienda aplicar después de largos periodos de tiempo que implique un riesgo de suciedad.

4.5.3 Aplicación por Extrusión a Zapata

El material termoplástico que se aplicará según este método debe tener incorporadas las microesferas de vidrio, en las dosis y granulometría recomendada por el fabricante y según las indicaciones del proyecto.

El método consiste en vaciar material termoplástico fundido en un molde o zapata que tiene cierre. La apertura de este cierre se gradúa para producir el espesor especificado para el material mientras éste fluye sobre el pavimento. El depósito de material sobre el pavimento es por gravedad.

En general, este método de aplicación se usa en sectores de símbolos, cruces peatonales y marcas donde sea difícil el uso de algún procedimiento de rendimiento longitudinal.

Se logran espesores de 2 a 3 mm.

Al usar este método se debe verificar que la temperatura del material nunca esté bajo 180 °C ni sobre 230 °C, teniendo la precaución de evitar cambios de temperatura, ya que éstos perjudican la aplicación y adherencia.

Una vez aplicado el termoplástico se debe sembrar microesferas de vidrio de sembrado, considerando aproximadamente unos 600 g/m² o el valor recomendado por el fabricante de acuerdo a las especificaciones técnicas.

Asimismo, se debe controlar periódicamente la soldadura térmica para asegurar que el pavimento y el material estén adheridos. Esta verificación se recomienda realizarla de la siguiente forma:

Sobre asfalto: Deje enfriar el material 30 minutos y cuando esté suficientemente frío al tacto, corte con un hacha de albañil en forma inclinada, a lo ancho de la línea y trate de despegar para verificar que el material se haya adherido. Si salta material termoplástico limpio al primer golpe hay una falla en la adherencia.

Sobre concreto: Deje que el material alcance la temperatura ambiente, luego aplique un golpe súbito con un hacha de albañil. Si la unión es segura, parte del material

permanecerá adherida, en caso contrario el termoplástico se fragmentará.

4.5.4 Aplicación por Proyección Neumática o Pulverización

La aplicación por proyección neumática combina aire con material termoplástico fundido, colocándolo a presión sobre el pavimento, con espesores medios de 1,5 mm. Al igual que el caso anterior, el material termoplástico que se aplicará según este método debe tener incorporadas las microesferas de vidrio, en las dosis y granulometría recomendada por el fabricante y según las indicaciones del proyecto.

Al usar este método se debe verificar que la temperatura del material nunca esté bajo 190 °C ni sobre 210 °C. Si se aplica color amarillo se deben considerar 10 °C menos.

Una vez aplicado el termoplástico se debe sembrar microesferas de vidrio de sembrado, considerando aproximadamente unos 600 g/m² o el valor recomendado por el fabricante de acuerdo a las especificaciones técnicas para ambos casos.

También se debe controlar periódicamente la soldadura térmica para asegurar que el pavimento y el material estén adheridos. Esta verificación se recomienda realizarla de la misma forma indicada en el punto anterior.

4.5.5 Aplicación por Método Ribbon o Zapata a Presión

Este método de aplicación consiste en usar un molde o zapata separada del pavimento que se usa para dirigir el material termoplástico fundido a presión, lo que permite lograr espesores de 2 a 3 mm.

Al igual que los casos anteriores, el material termoplástico que se aplicará según este método debe tener incorporadas las microesferas de vidrio, en las dosis y granulometría recomendada por el fabricante y según las indicaciones del proyecto.

Al usar este método se debe verificar que la temperatura del material nunca esté bajo 190 °C ni sobre 210 °C. Si se aplica color amarillo se deben considerar 10 °C menos.

Una vez aplicado el termoplástico se debe sembrar microesferas de vidrio de sembrado, considerando aproximadamente unos 600 g/m² o el valor recomendado por el fabricante de acuerdo a las especificaciones técnicas para ambos casos.

También se debe controlar periódicamente la soldadura térmica para asegurar que el pavimento y el material estén adheridos. Esta verificación se recomienda realizarla de la misma forma indicada en 4.5.3.

TABLA PSICROMÉTRICA

Indica la humedad relativa

Forma de uso:

Tomar la temperatura del termómetro seco, restar la del termómetro húmedo, (siempre menor), ese valor se traslada a la parte superior de la tabla, se busca la temperatura seca en la parte vertical de la tabla y el encuentro de las coordenadas nos determina la humedad relativa.

Ejemplo:
Temperatura Seco 20° - Húmedo 15° = 5
Lectura: 20° Horizontal, 5 Vertical.
Encuentro de coordenadas indican
56 % Humedad Relativa.

	05.	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
1	90	81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	90	82	73	64	-	-	-	-	-	-	-	-
3	90	82	74	66	58	50	-	-	-	-	-	-
4	91	83	75	67	60	52	44	36	-	-	-	-
5	91	84	76	69	61	53	46	39	32	26	-	-
6	92	85	77	70	63	55	48	42	35	29	22	16
7	92	85	78	71	64	57	50	44	38	33	26	19
8	92	86	78	72	66	59	52	45	40	34	28	25
9	93	86	79	73	67	61	54	48	42	36	31	26
10	94	87	80	74	68	62	56	50	44	39	34	28
11	94	87	81	75	69	63	57	51	46	41	36	30
12	94	88	82	76	70	65	59	54	48	43	38	33
13	94	88	82	77	71	66	60	55	50	45	40	35
14	94	88	83	78	72	67	62	57	52	47	42	37
15	94	88	83	79	73	68	63	58	53	48	43	39
16	95	88	84	80	74	69	64	59	55	50	46	41
17	95	90	85	80	75	70	65	60	56	52	48	43
18	95	90	85	80	75	70	65	61	57	53	49	44
19	95	90	85	80	76	71	66	62	58	55	50	46
20	95	90	85	81	76	72	68	64	60	56	52	48

CAPÍTULO V

RECOMENDACIONES PARA LA RECEPCIÓN DE MATERIALES Y DEMARCACIONES

Este capítulo presenta recomendaciones prácticas para la recepción de materiales a usar en la aplicación, controles intermedios a efectuar durante la aplicación y la recepción del trabajo de demarcación, que deberían estar contempladas en los procedimientos de autocontrol de las empresas aplicadoras.

Las recomendaciones contenidas en este capítulo están de acuerdo con la normativa vigente en Chile a la fecha de elaboración del este documento, las que han sido actualizadas o complementadas según la experiencia de los integrantes del Grupo Técnico e información normativa extranjera aplicable a las condiciones nacionales.

5.1 Adquisición y Recepción de Materiales

Se recomienda indicar en la Orden de Compra los antecedentes contenidos en las Especificaciones Técnicas de Aplicación, especialmente en cuanto a las características de cada producto a usar y lugar de uso cuando sea pertinente. También se recomienda indicar las exigencias de certificación o garantías asociadas que pueden solicitarse a determinado producto.

Es conveniente contrastar los contenidos de las Ordenes de Compra con las Especificaciones Técnicas y poner esta información a disposición del Inspector o representante del mandante.

Al recibir los materiales se debe comprobar que corresponden a aquellos indicados en la respectiva orden de compra y guía de despacho.

Los materiales recibidos deben almacenarse y transportarse de acuerdo a las indicaciones del fabricante, lo que debe estar claramente estipulado en la respectiva hoja de seguridad. Este documento debe ser entregado junto con cada guía de despacho.

En los lugares de acopio o almacenamiento se debe mantener información relacionada con el nombre y dirección de la empresa suministradora, fecha de recepción, identificación de la fábrica y certificado que acredite el cumplimiento de los requisitos normativos que fueron indicados en la respectiva Orden de Compra.

5.1.1 Recepción de Pinturas

El proveedor de pinturas debe entregar junto con los envases los certificados que acrediten el cumplimiento de los requisitos establecidos en 3.2 de este texto técnico. Se puede considerar válido, para estos efectos, la declaración de cumplimiento de los requisitos indicados que esté expresamente grabada en los envases.

Siempre se debe exigir la entrega de las hojas de seguridad de la pintura.

5.1.2 Recepción de Termoplásticos

El proveedor de termoplásticos debe entregar junto con los sacos o cajas de material los certificados que acrediten el cumplimiento de los requisitos establecidos en 3.2 de este documento técnico. Se puede considerar válido, para estos efectos, la declaración de cumplimiento de los requisitos indicados que esté expresamente grabada en los envases.

Siempre se debe exigir la entrega de las hojas de seguridad del material termoplástico.

5.1.3 Recepción de microesferas de Vidrio

El proveedor de las microesferas de vidrio debe entregar junto con las bolsas que las contienen los certificados que acrediten el cumplimiento de los requisitos establecidos en 3.3 de este documento técnico. Se debe verificar que los envases tengan una protección contra la humedad y que no vengán dañados. Asimismo, se debe acompañar la hoja de seguridad del producto y una ficha técnica que contenga información relacionada con la dosificación recomendada y si las microesferas de vidrio de esa partida fueron sometidas a un tratamiento de acabado.

5.2 Controles

Los controles indicados en esta sección deben ser ejecutados preferentemente por la empresa aplicadora, por medio de un sistema de autocontrol.

Durante el proceso de aplicación es conveniente establecer algunos controles intermedios, los que se recomienda sean puestos en conocimiento de la Inspección.

Estos controles guardan relación con la aceptación técnica de hitos importantes durante la aplicación.

5.2.1 Informe de Programa de Trabajo

El programa de trabajo debe ser presentado por el aplicador y aceptado por la Inspección Técnica del mandante.

El programa debe contener, a lo menos, la siguiente información:

- Fecha de entrega de los materiales
- Lugar de almacenamiento de los materiales
- Fecha de aplicación de los materiales por tramo
- Medidas de seguridad que el aplicador solicita al mandante
- Medidas de protección del tránsito que se adoptarán, indicando lugar y fecha.

5.2.2 Aprobación de la Superficie de Aplicación

Se recomienda efectuar una inspección del pavimento con el fin de comprobar su estado superficial y posibles defectos que afecten la demarcación proyectada.

Es recomendable comprobar la limpieza del pavimento, disponiendo una limpieza superficial si fuera necesario.

Asimismo, en aquellos lugares donde se ha especificado redemarcarse sobre marcas antiguas, se debe verificar la correcta compatibilidad de los materiales (Ver 4.2) y el espesor de la demarcación remanente.

5.2.3 Aprobación Condiciones Ambientales al Inicio de la Aplicación

Una de las mayores complicaciones que tiene el proceso de aplicación de materiales para demarcar es el efecto de las condiciones ambientales al momento de aplicar. Para ello se debe considerar que sólo se pueden aplicar los diferentes productos cuando se cumplan las siguientes condiciones (Ver 4.4):

- Velocidad del viento menor que 25 km/h

- Temperatura ambiente mayor que 5 °C y menor que 35 °C
- Temperatura del pavimento mayor en 3 °C que la temperatura del punto de rocío.
- Humedad ambiente bajo 80%
- No lluvia o amenaza de lluvia dentro de las siguientes dos horas.

Es conveniente registrar los antecedentes relacionados a las condiciones climáticas. Se recomienda entregar copia de estos registros a la inspección o representante del mandante.

Al detectarse valores fuera de los rangos permitidos, no se debe iniciar la aplicación.

5.2.4 Control de Materiales en Terreno

Se recomienda comprobar que los materiales que se reciben en terreno son los mismos que se tienen en los lugares de acopio de la empresa y que cumplen con las especificaciones del tramo a demarcar.

Aquellos materiales que no cumplan con las especificaciones del proyecto, darán motivo a un seguimiento de control que permita decidir las acciones a seguir según contrato. Se debe llevar un registro de esta verificación y se recomienda informar de ello a la Inspección o representante del mandante.

5.2.5 Control de Calibración de la Dosificación

El control de calibración de los equipos para lograr la adecuada dosis de aplicación se hará comprobando que los flujos de materiales correspondan a aquellos resultantes del cálculo que relaciona la velocidad de aplicación del equipo, la boquilla, presión, etc. Para

este control se usan envases calibrados.

Para cada equipo se puede confeccionar una tabla de calibración como resultado de lo indicado en el párrafo anterior. Se debe comprobar que estas tablas de calibración usadas sean coincidentes con el resultado especificado.

Se debe llevar un registro de los controles, identificando los envases revisados.

5.2.6 Control de Señalización y Seguridad

Durante todo el período de tiempo en el cual haya trabajadores aplicando marcas, se debe verificar el cumplimiento del plan de seguridad previamente aprobado según 5.2.1.

Los trabajadores expuestos al tránsito deben vestir chalecos reflectantes permanentemente, zapatos de seguridad, casco y otras prendas de protección según el tipo de producto que se esté aplicando.

Se debe verificar que la señalización destinada a prevenir e informar a los conductores cumpla con los requisitos establecidos en Capítulo 5 Señalización Transitoria y Medidas de Seguridad para Trabajos en la Vía del Manual de Señalización de Tránsito sin perjuicio de exigencias adicionales impuestas contractualmente.

5.2.7 Control Durante la Aplicación

Contraste

Se recomienda controlar la relación de contraste al inicio de cada obra o cada vez que el color del sustrato cambie.

En términos generales ésta debe ser mayor o igual que 1,7.

Espesor

Medición que se efectúa con el material base húmedo. Cuando la obra se ha dividido en Unidades de Control de 2000 m, se recomienda realizarlo en un punto cada 1 km o distancias mayores para equipos de alto rendimiento que permiten demarcación homogénea.

En obras con Unidades de Control menores de 2000 m o símbolos se recomienda efectuar 3 mediciones asegurando que se mida a lo menos un 3% de los símbolos.

Retroreflexión y Dimensiones

Medición que se efectúa una vez que el material de base esté seco.

Esta medición no es representativa de los valores finales de la obra, sino que es un mecanismo que permite proyectar los resultados en forma instantánea.

Los puntos de medición recomendados para marcas longitudinales efectuadas con camiones de rendimiento mayor a que 2000 m son:

- Cada 250 m los primeros 1000 m,
- Cada 500 m entre 1000 y 3000 m,
- Cada 1000 m entre 3000 y 9000 m,
- Cada 2000 m en adelante.

Estos puntos de control son válidos si las lecturas son aceptadas. En caso de presentarse no conformidades se genera una zona de lecturas intermedias, cada 250 m, centradas en el punto no conforme, con el fin de identificar la superficie a reparar o corregir. El punto donde se encontró la no conformidad da origen a una nueva serie de mediciones, es decir se inicia con mediciones cada 250 m.

5.3 Autocontrol Previo a la Recepción de Trabajos de Aplicación de Marcas

Previo a la recepción de los trabajos de aplicación de marcas, es conveniente que el Sistema de Autocontrol de la Empresa Aplicadora verifique y registre la conformidad de su trabajo.

Para ello, una metodología es dividir la obra en unidades de control. Una vez definidas las Unidades de control se deben seleccionar en forma aleatoria las Unidades de muestra, en los cuales se harán las pruebas e inspecciones que definen la recepción del trabajo.

Para efectos de realizar este control se recomienda calcular la cantidad de muestras a tomar según lo siguiente:

- Dividir la obra de demarcación en Unidades de Control. Se define para estos efectos como Unidad de Control a la superficie de marca vial de un mismo tipo que se puede aplicar con una carga total de la máquina de aplicación al rendimiento especificado en el proyecto con una longitud máxima de 2000m.
- La cantidad total de Unidades de Control en los cuales se divide la obra se calcula dividiendo la superficie total de la obra por la superficie equivalente a una Unidad de Control y se define como C_i .
- Definir la cantidad de Unidades de Control a muestrear según la siguiente ecuación:

$$S_i = \sqrt{\frac{C_i}{6}}$$

- Cualquier decimal se aproxima al entero superior. La elección de las Unidades de Control a muestrear es aleatoria.

- Las muestras de material base, microesferas de vidrio u otros, se tomarán directamente del dispositivo de aplicación de la máquina.

C_i	S_i
1 a 6	1
7 a 24	2
25 a 54	3
55 a 96	4
97 a 149	5
150 a 216	6
217 a 293	7

El procedimiento sugerido para los controles de recepción varía dependiendo de la longitud de los tramos resultantes, aplicándose diferentes criterios de conformidad o rechazo en caso que dichas longitudes sean mayores o menores que dos mil metros.

Las indicaciones y recomendaciones que se entregan fueron diseñadas para los sistemas de autocontrol de las empresas aplicadoras y los valores o criterios de conformidad pueden variar según se especifique en el respectivo contrato.

Unidad de Control equivale a tramo de 2000 m	Unidad de Control equivale a tramo menor que 2000m pero mayor que 600 m	Unidad de Control equivale a tramo menor que 600 m o símbolos
<ul style="list-style-type: none"> - Asegurar un mínimo de 10 puntos de control - Ubicar puntos de control cada 200 m 	<ul style="list-style-type: none"> - Asegurar un mínimo de 3 puntos de control - Ubicar puntos de control cada 200 m 	<ul style="list-style-type: none"> - Asegurar un mínimo de 3 puntos de control - Elegir al azar un 3%

5.3.1 Criterios de Conformidad

5.3.1.1 Tramos de Longitud Igual a 2 000 m

En cada tramo de muestra seleccionado se toman medidas cada 200 metros, eligiendo el punto de comienzo en un punto al azar ubicado dentro de los primeros 100 metros del tramo. Se debe asegurar diez puntos de control.

Para cualquier parámetro que se esté midiendo, se considera que el tramo cumple con los requisitos que se están controlando si todas las mediciones cumplen con los valores estipulados.

Si dos lecturas consecutivas o menos del 50% de las lecturas no cumple con los valores estipulados, pero los valores están por sobre el 80% del valor exigido, se recomienda corregir el tramo.

Si tres o más lecturas consecutivas o más del 50% de las lecturas no cumple con los valores estipulados, pero los valores están por sobre el 80% del valor exigido se debe repetir la medición en los dos tramos inmediatamente adyacentes del tramo de muestra de control. Si en los dos nuevos tramos se repite la tasa de no conformidad se debe rechazar el tramo y volver a demarcar.

Si dos lecturas consecutivas o más del 50% de las lecturas no cumple con los valores exigidos con valores

bajo el 79% de lo estipulado, se recomienda repetir la medición en los dos tramos adyacentes. Si la situación se repite o empeora, se debe remarcar.

Si tres o más lecturas consecutivas o más del 50% no cumple con los valores estipulados con valores bajo el 79% de lo estipulado, se recomienda repetir la medición en a lo menos los dos tramos adyacentes al de muestra. Si tres o más de los tramos considerados presentan deficiencias, se recomienda repintar todo el sector.

5.3.1.2 Tramos de Longitud Menor a 2 000 m

En cada tramo de muestra seleccionado se toman medidas cada 200 metros, eligiendo el punto de comienzo en un punto al azar ubicado dentro de los primeros 100 metros del tramo. Se deben asegurar tres puntos de control.

Si lo anterior no fuera factible o se tratara de marcas urbanas como cruces peatonales, letras o símbolos o cualquier otra marca con una longitud menor que 600 m, se elegirá al azar un 3% del total de cada marca perteneciente al tramo definido. Para estos efectos se contabilizan las letras, símbolos y diferentes tipo de marcas que cumplan con el criterio de pertenecer a un tramo según lo indicado en 5.2.4.

Para cualquier parámetro que se esté midiendo, se considera que el tramo cumple con los requisitos que se están midiendo si todas las mediciones cumplen con los valores estipulados.

Si dos lecturas consecutivas o menos del 50% de las lecturas no cumple con los valores estipulados, pero los valores están por sobre el 80% del valor exigido, se recomienda corregir el tramo.

Si tres o más lecturas consecutivas o más del 50% de las lecturas no cumple con los valores estipulados, pero los valores están por sobre el 80% del valor exigido se debe repetir la medición en los dos tramos inmediatamente adyacentes del tramo de muestra de control. Si en los dos nuevos tramos se repite la tasa de no conformidad se debe rechazar el tramo y volver a demarcar.

Si dos lecturas consecutivas o más del 50% de las lecturas no cumple con los valores exigidos con valores bajo el 79% de lo estipulado, se recomienda repetir la medición en los dos tramos adyacentes. Si la situación se repite o empeora, se debe remarcar.

Si tres o más lecturas consecutivas o más del 50% no cumple con los valores estipulados con valores bajo el 79% de lo estipulado, se recomienda repetir la medición en a lo menos los dos tramos adyacentes al de muestra. Si tres o más de los tramos considerados presentan deficiencias, se recomienda repintar todo el sector.

5.3.2 Procedimientos de Medición

Las mediciones de recepción deben efectuarse después de los primeros 4 días pero dentro de los 30 días después de la aplicación.

Previo a iniciar el proceso de medición se debe efectuar limpieza al tramo muestra que se ha seleccionado, cuidando de dejar fuera de medición aquellos sectores en que se detecten anomalías causadas por frenadas,

manchas de aceite u otras no imputables a la calidad de la aplicación.

Las mediciones deben efectuarse siguiendo el sentido del tránsito y si la marca pertenece a un eje de calzada bidireccional, se evalúa en un sentido y luego en el otro en forma independiente.

En ninguna circunstancia se deben efectuar mediciones bajo lluvia o pavimento mojado.

5.3.3 Valores Estipulados y Tolerancias

Los valores estipulados deben estar consignados en las especificaciones técnicas que forman parte del respectivo contrato de aplicación. En caso de que no se estipulen valores se deben usar aquellos vigentes en la reglamentación nacional y que para cada variable se describen a continuación.

Se debe considerar que la exactitud de los instrumentos de medición normalmente usados tiene una variación de aproximadamente un 5%, lo que debe considerarse en la operatoria de los criterios de aceptación y rechazo.

5.3.3.1 Retrorreflexión

La retrorreflexión se mide con instrumentos calibrados en un laboratorio acreditado por la Unidad de Metrología del INN o por el Laboratorio Nacional de la Dirección de Vialidad.

Cada vez que se use el equipo se debe ajustar usando los calibres entregados por el fabricante y que son parte de él.

Los valores de retrorreflexión a 30 días, en mcd / lux m², exigidos en obras viales se indican en la tabla siguiente. El Manual de Carreteras exige otros valores a 180 días.

Ángulos		Colores	
Iluminación	Observación	Blanco	Amarillo
3,5°	4,5°	300	180
1,24°	2,29°	200	120

Los valores indicados muestran el mínimo permisible para cada tipo de observación y color indicado.

Las tolerancias aceptables para esos valores deben estar estipuladas contractualmente. En ningún caso la tolerancia contractual podrá implicar valores que estén por bajo el mínimo aceptado en el Manual de Señalización de Tránsito.

Ángulos		Manual de Señalización de Tránsito	
		Colores	
Iluminación	Observación	Blanco	Amarillo
3,5°	4,5°	120	95
1,24°	2,29°	90	70

5.3.3.2 Relación de Contraste

La relación de contraste, que combina los factores de luminancia del pavimento y de la marca, debe ser mayor que 1,7.

La medición de la luminancia del pavimento y la marca debe ser ejecutada usando instrumentos calibrados por un laboratorio acreditado por el INN o por el Laboratorio Nacional de Vialidad.

No hay referencias reglamentarias que permitan establecer

una tolerancia para el valor antes indicado, por lo que se debe considerar a aquel como valor mínimo aceptable para lograr la conformidad de la aplicación.

5.3.3.3 Dimensiones

Las dimensiones de las marcas están estipuladas en las especificaciones técnicas que forman parte del contrato.

Las tolerancias permitidas normalmente para las dimensiones se muestran en la siguiente tabla:

Dimensión	Tolerancia
M	%
Hasta 0,3	+5 a -1
Desde 0,3 y hasta 3	± 5
Mayor que 3	± 5

