



Valoración de la mezcla óptima de microesferas y pinturas de señalización para garantizar una mejor retroreflectancia en aplicaciones viales de acuerdo a las normas INEN.

Vélez Diana ⁽¹⁾ Villacís Javier ⁽²⁾
Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas ⁽¹⁾⁽²⁾
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) ⁽¹⁾⁽²⁾
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral ⁽¹⁾⁽²⁾
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
davelez@espol.edu.ec ⁽¹⁾ xvillaci@espol.edu.ec ⁽²⁾

Resumen

Este proyecto tiene como propósito determinar una relación eficiente entre pintura de demarcación vial y microesferas de vidrio, de modo que contribuya a la seguridad vial, bajando el índice de accidentes por una ineficiencia de las demarcaciones e iluminación en las carreteras. Se tiene conocimiento que en el día la visibilidad depende únicamente del color de la pintura, pero durante la noche la visibilidad se dificulta por la deficiente iluminación en zonas rurales y por esta razón se requiere de materiales auxiliares que en su conjunto permitan brindar una adecuada retrorreflexión, entre los cuales tenemos las tachas y las microesferas de vidrio.

La aplicación óptima de una marca vial que conlleve a una máxima retrorreflexión, consiste en buscar la relación adecuada entre el espesor de película y la cantidad de microesferas a incorporar. Se debe considerar que esta señalización está sometida a condiciones adversas propias de nuestro medio, de modo que deben cumplir los requisitos establecidos por la norma técnica ecuatoriana; con lo cual se estima la calidad de la pintura elegida. Además de las microesferas de vidrio, la naturaleza de estas y el volumen a aplicar, son condiciones que junto al espesor de la película, determinarán la relación óptima requerida, dando como resultado que a diferente espesor se necesite diferente cantidad de microesferas.

Keywords: señalización, visibilidad, retrorreflexión, microesferas de vidrio.

Abstract

This project aims to provide a good signaling, so it can contribute to traffic security, lowering the accident ratings due to inefficiency on the highways marks and illumination. We know during the day the visibility depends only on the paint color, however, during the night the visibility is difficult due the deficient illumination on rural zones; and for this reason supportive materials are required, so they can provide appropriate retro reflection, among supportive materials we have blemishes and glass micro spheres.

The best application of traffic mark that produces the highest retro reflection consists on looking for the suitable relationship between the paint thickness and the amount of micro spheres to be used. We need to consider signaling is subject to adverse conditions, proper of our environment, therefore the requirements established by the Ecuadorian technique rule needs to be followed, and with that we estimate the quality of the chosen paint. Beside the glass micro spheres, their nature and the volume to apply are conditions that along with the film, will determine the best relationship required, and will provide as a result that different thickness needs different quantity of micro spheres.

Keywords: highways marks, visibility, retro reflection, glass micro spheres.

1. Introducción

Debido a la importancia de que las señales que emiten los medios de comunicación visual en carreteros sean claras, sencillas y funcionales, de manera que garantice una rápida respuesta por parte del conductor con la finalidad de actuar a tiempo y evitar accidentes.

Se considera que la demarcación vial, conocida también como señalización horizontal conlleva una gran responsabilidad en este aspecto, por lo cual este trabajo se concentra en la pintura empleada y de los materiales auxiliares correspondientes a microesferas de vidrio.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Se realiza una auditoria de calidad de dos marcas de pintura que se utilizan en nuestro medio, además que se busca encontrar la dosificación óptima de microesferas de vidrio que serán posteriormente sembradas a diferentes espesores de película, que permite un idea clara de cómo influye el espesor aplicado con el volumen de esferillas dispuestos en él.

1.1. Planteamiento del Problema

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Ecuador es uno de los 3 países con mayor índice de muertes por accidentes de tránsito. Lo cual conlleva a crear conciencia del comportamiento adecuado de un conductor, puntualizar la rigurosidad de la legislación para la aplicación de multas pertinentes, además de proveer vías y señalética apropiada a las necesidades presentes en cualquier carretero o calle del país.

Una adecuada señalética puede contribuir a la disminución del índice de mortalidad causado por estos sucesos. El presente trabajo puntualiza la importancia de la elección de la pintura reflectiva, así como también de la carga de microesferas a incorporar en la marca vial, de modo que se garantice una mayor retroreflexión con el fin de que la señalización sea más perceptible. Y cumpliendo con los estándares legales vigentes, en este caso, el Instituto Ecuatoriano de Normalización.

2. Marco Teórico

Existen diversos productos para la demarcación vial, tales como: plásticos en frío, termoplásticos, marcas viales prefabricadas, pinturas reflectivas, microesferas de vidrio, siendo las de nuestro interés, las dos últimas mencionadas.

2.1. Pinturas Reflectivas

La pintura es un sistema fluido y disperso constituido por diversos componentes, que al aplicarse con la instrumentación adecuada sobre una superficie, se transforma en una capa sólida y consistente quedando adherida al sustrato, brindándole propiedades decorativas, funcionales y de protección. Dichos componentes son:

- Resinas
- Solventes
- Pigmentos
- Cargas o Extendedores
- Aditivos

2.1.1 Resinas.

Denominados también ligante, porque a medida que se seca la pintura va juntando todos sus componentes formando una unidad. Es el responsable de otorgar a la pintura propiedades como resistencia, elasticidad, dureza, e impermeabilidad.

Generalmente las resinas acrílicas son preferidas en la formulación de pinturas de tráfico, debido a sus numerosas ventajas frente a resinas alquídicas, clorocaucho, etc.

Sus ventajas radican en la elevada retención de color, buena resistencia a la intemperie y agentes químicos, poseen excelentes propiedades mecánicas como resistencia a la abrasión severas y al desgaste, secado rápido, y lo más relativo que son la excelente adherencia sobre cemento, hormigón y asfalto, como también una excelente visibilidad diurna y nocturna, que posteriormente se lo complementara junto con microesferas de vidrio para que la retroreflectancia sea aun mayor.

2.1.2. Solventes

Se incorporan con la finalidad de facilitar la elaboración, almacenaje y aplicación de la pintura. Se debe tener especial cuidado en su elección, de manera que se busque minimizar el “sangrado” sobre superficies asfálticas, lo cual se produce generalmente cuando se utilizan solventes alifáticos. Una medida a tomar para evitar este problema es el empleo de pistola, precisamente para evitar el arrastre que producen las brochas o rodillos y contribuyen a la disolución del asfalto.

Si no se considera la velocidad de secado y la correcta formación de película hasta su secado total, conduce a una falta de estabilidad en el envase, una pérdida de adherencia, también afectara a la aplicación de segundas capas.

No hay que olvidar que la solubilidad del solvente es de suma importancia, así como también el punto de inflamación, la toxicidad, poder de disolución, etc.

2.1.3 Pigmentos

Su principal misión es la de dar color y opacidad a la pintura. También proporciona a la película propiedades ópticas, físicas y mecánicas, dependiendo de la naturaleza del pigmento.

En este tipo de pinturas se utiliza el bióxido de titanio para el color blanco y los óxidos de hierro para los colores amarillos.

Este componente tiene una mayor funcionalidad dentro de la pintura debido a que contribuye en las propiedades ópticas, las cuales son las más deseadas.

2.1.4. Cargas y Aditivos

La función de las cargas aparte de reducir costes, es de mejorar acciones técnicas como la resistencia a la abrasión o al desgaste, y se utiliza caolín, talcos, baritas, carbonatos y sílices para este fin. También dan cuerpo, estructura, viscosidad y reología a la pintura.

Mientras que los aditivos se dosifican en pequeñas cantidades para conseguir mejorar ciertos efectos u otras veces para corregir alguna falla en la producción de la pintura. Entre estos productos tenemos: los humectantes, secantes, espesantes, etc.

2.2. Características en una Demarcación Vial.

Las características ópticas de las marcas viales se deben en gran medida de la calidad de las pinturas y la cantidad de microesferas incorporadas.

2.2.1 Calidad de la Pintura

Se considera que debe tener buena propiedades de durabilidad como: la resistencia al agua, a los iones, agentes químicos, y rayos UV; buenas propiedades estéticas respecto al poder cubriente, color y brillo; y por último buenas propiedades físico-mecánicas que conllevan a una resistencia al desgaste o abrasión, flexibilidad, e impacto.

Por este motivo se utilizan resinas acrílicas puesto que ayudan a conseguir estas características, además de que proveen una mayor adherencia sobre hormigón, cemento y asfalto.

Conforme a las leyes vigentes, se debe contemplar la Norma Técnica Ecuatoriana de modo que la pintura a utilizarse en la señalización horizontal debe cumplir con requisitos establecidos en la INEN 1042.

Entre estos requisitos tenemos:

Tiempo de secado, con este dato se puede conocer el tiempo en el que una carretera puede ser abierta al tránsito.

Viscosidad, por su facilidad de aplicación mediante diferentes métodos como pistola, brocha, rodillo.

Materia no volátil y volátiles totales, o comúnmente denominado contenido de sólidos, condiciona propiedades como defectos superficiales, brillo, protección, coste, secado.

Finura de dispersión, determina el grado con el cual el pigmento se dispersa en el vehículo donde esta propiedad influye en el brillo, acabado y poder cubriente de la película.

Sólidos por volumen, cuya finalidad es determinar el rendimiento en metro cuadrados de superficie recubierta con un espesor de película seca por unidad de volumen.

Resistencia a la abrasión, que nos da un estimado del desgaste que se puede producir sobre la marca vial, por lo tanto el tiempo de repintado también.

Poder cubritivo y cubrimiento que expresa el rendimiento en m²/l en película húmeda.

Adherencia de modo que el recubrimiento no deje de cumplir con su función.

Perdida de esferas reflectivas nos da un estima del tiempo de vida útil de las microesferas.

Retroreflectancia, que permite valorar el contenido de microesferas de modo que permitan al conductor una mejor visibilidad de la señalización en condiciones nocturnas y adversas.

2.2.2 Microesferas de Vidrio

Son las que le otorgan a la marca vial dos características, durabilidad y retroreflectancia.

El fenómeno de retroreflexión se produce cuando la luz procedente de los faros de los vehículos se refracta sobre la parte hundida de la microesfera, de modo que la luz vuelva de forma paralela.

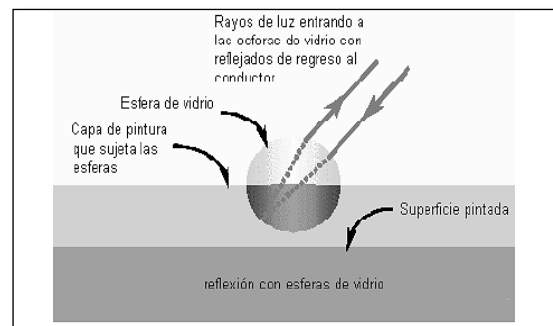


Figura 1. Retroreflexión

La cantidad de luz retro-reflejada depende de numerosos factores como: el índice de refracción del

vidrio, la esfericidad, y granulometría en cuanto a naturaleza de la esferilla se refiere, y de acuerdo a su aplicación depende el grado de hundimiento que va de la mano al espesor de película húmeda, y la cantidad de esferas expuestas.

En este proyecto se enfatiza el espesor de película, la dosificación y el método de aplicación puesto que se pueden presentar los problemas que conllevan a una baja retrorreflexión.

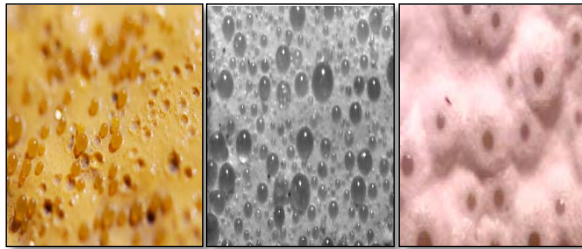


Figura 2. Microesferas Poco hundidas, perfectamente adheridas, muy hundidas.

3. Metodología

Este trabajo hace referencia a la NTE INEN 1042 PINTURAS PARA SEÑALAMIENTO DE TRAFICO REQUISITOS y nos regiremos por los requerimientos para la posterior caracterización de la pintura reflectiva:

NTE INEN 1007	Finura de Dispersión
NTE INEN 1009	Determinación de la Densidad.
NTE INEN 1013	Pinturas. Determinación de la Viscosidad.
NTE INEN 1024	Determinación de Materia No Volátil y Volátiles Totales en Pinturas. Solidos por Peso.
NTE INEN 2092	Determinación de la Materia No Volátil por Volumen.
NTE INEN 1010	Determinación del Poder Cubritivo. Método del Criptómetro.
NTE INEN 1006	Determinación de adherencia mediante prueba de la cinta.
NTE INEN 1614	Determinación del Grado de Sangrado.
NTE INEN 1035	Determinación del Tiempo de Secado en pinturas de tránsito.
NTE INEN 1611	Determinación de la Resistencia a la Abrasión.
ASTM E 1347	Reflectancia Diurna
ASTM D 4061	Retrorreflectancia.

Con respecto en el sembrado de microsferas sobre la pintura reflectiva se procede a calcular la cantidad a colocar considerando el volumen de película, se prepara la superficie adecuadamente, se aplica la pintura y se siembran las microsferas correspondientes de una manera rápida y uniforme, y por último se deja secar y se mide retrorreflectancia.

4. Resultados

A continuación se muestra un informe de auditoría de la calidad de las pinturas, por lo que se realizó la caracterización de la misma. Las siguientes tablas contienen los límites permisibles, el valor obtenido tras los análisis ejecutados y la evaluación del cumplimiento.

Tabla 1. Cumplimiento de los requisitos de las pinturas Agua

Requisitos	Base Agua		Valor		Evaluación
	Mín.	Máx.	M1	M2	
Propiedades de las pinturas líquidas					
Finura de Dispersión (U.Hegman)	4	-	7	7	Cumple
Densidad (g/cm ³)	1,4	1,7	1,55	1,56	Cumple
Viscosidad (U.Krebs)	70	85	79,25	77,3	Cumple
W sólidos por peso (%)	70	-	71	74	Cumple
Q sólidos por volumen (%)	60	-	69,11	71,59	Cumple
Poder Cubritivo (cuna 3,5)	-	23	16	16	Cumple
Propiedades y Apariencia de la película aplicada					
Adherencia en cruz en lámina de acero a 152,4um	3 ^a	-	3	1	No Cumple la marca2
Tiempo de secado al rodamiento (no pick up)	-	30	28	21	Cumple
Resistencia a la abrasión por caída de arena	100	-	100	100	Cumple
Cubrimiento (plato 3,5) (pintura blanca)	28	-	34	38	Cumple
Cubrimiento (plato 7,0) (pintura amarilla)	23	-	29	38	Cumple
Requisitos específicos de la pintura					
Pérdida de esferas	20	-	13	14	Cumple

Tabla 2. Cumplimientos de los Requisitos de las Pinturas Base Agua

Requisitos	Base Solvente		Valor		Evaluación
	Mín	Máx	M1	M2	
Propiedades de las pinturas líquidas					
Finura (U.Hegman)	4	-	7	7	<i>Cumple</i>
Densidad (g/cm ³)	1,2	1,5	1,36	1,35	<i>Cumple</i>
Viscosidad (U.Krebs)	70	85	74	81	<i>Cumple</i>
W sólidos por peso (%)	60	-	70	69	<i>Cumple</i>
Q sólidos por volumen (%)	50	-	89,87	89,39	<i>Cumple</i>
Poder Cubritivo (3,5)	-	23	17	18	<i>Cumple</i>
Propiedades y Apariencia de la película aplicada					
Adherencia en cruz	3 ^a	-	5	4	<i>Cumple</i>
Tiempo de secado al rodamiento	-	20	19	16	<i>Cumple</i>
Resistencia a la abrasión por caída de arena	100	-	41,74	50,57	<i>No Cumple</i>
Cubrimiento (3,5) (blanca)	18	-	38	35	<i>Cumple</i>
Cubrimiento (3,5) (amarilla)	23	-	30	32	<i>Cumple</i>
Requisitos específicos de la pintura					
Perdida de esferas Reflectivas	20	-	16	11	<i>Cumple</i>

A continuación, se exponen los valores medidos de retroreflectancia con el equipo retrorreflector horizontal EASYLUX.

Tabla 3. Mediciones de retroreflectancia

Retroreflectancia		500	700	1000	
10 mils					
Base Agua	Marca 1	Blanco	192	203	188
		Amarillo	207	266	200
	Marca 2	Blanco	232	240	185
		Amarillo	201	202	185
Base Solvente	Marca 1	Blanco	281	343	267
		Amarillo	243	273	233
	Marca 2	Blanco	264	343	286
		Amarillo	230	236	208
15 mils					
Base Agua	Marca 1	Blanco	203	236	256
		Amarillo	261	280	305
	Marca 2	Blanco	181	214	281
		Amarillo	208	214	253
Base Solvente	Marca 1	Blanco	348	350	375
		Amarillo	207	227	266
	Marca 2	Blanco	162	256	352
		Amarillo	166	187	250
20 mils					
Base Agua	Marca 1	Blanco	229	201	166
		Amarillo	252	268	213
	Marca 2	Blanco	271	250	185
		Amarillo	236	252	191
Base Solvente	Marca 1	Blanco	357	321	220
		Amarillo	232	202	178
	Marca 2	Blanco	437	237	210
		Amarillo	207	166	161

Se realizaron gráficos a espesor constante y carga variable, dando como resultado que para cada espesor existe una retroreflectancia máxima como lo indica la siguiente tabla:

Tabla 4. Espesor de película en mils con su carga óptima de microesferas respectiva en gramos.

Máxima Retrorreflexión	Carga de microesferas de vidrio			
	500	700	1000	
Espesor	10	media	alta	baja
	15	baja	media	alta
	20	alta	media	baja

Se realizó un análisis más detallado a un espesor de 15mils frente a todas las cargas mencionadas, mas 1500g/l y 2000g/l, puesto que se quería saber si la relación lineal que se mostró anteriormente se mantenía, o había alguna variación.

Realizando una prueba posterior aplicando mayor cantidad de microesferas, para observar el comportamiento frente al exceso de ellas, se determinó que a pesar de encontrarse en los límites aceptables de acuerdo a la norma; se contempla que la saturación de la marca no produce una mayor retrorreflexión.

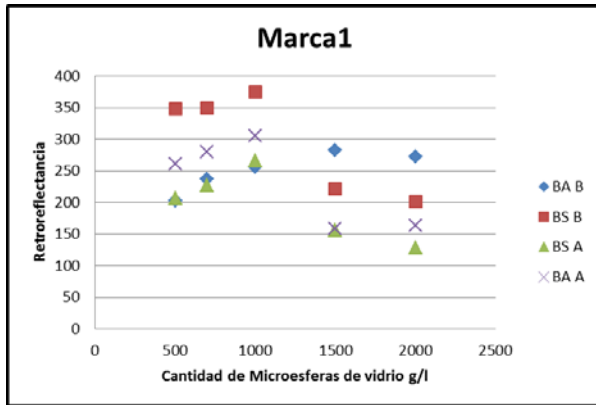


Gráfico 1. Aplicación a espesor de 15 mils con múltiples cargas de microesferas, marca 1

En el rango 500-1000g/l, conforme aumenta la cantidad de microesferas también lo hace la retroreflectancia. Cuando la carga de microesferas supera los 1000g/l, esta baja en un 43.5%. Determinando de esta manera, que el exceso de microesferas no conlleva a una mayor retroreflectancia.

Se observa una clara y significativa disminución, un cambio brusco. La acumulación de suciedad es otro factor importante al momento de estimar las posibles interferencias.

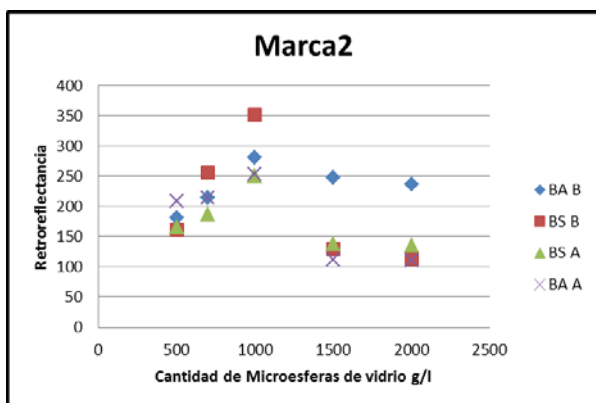


Gráfico 2. Aplicación a espesor de 15 mils con múltiples cargas de microesferas, marca 2.

También se puede apreciar que la marca 2 sufre una pérdida del 54.4% de retroreflectancia cuando sobrepasa su carga “máxima-óptima” de 1000g/l.

4.1 Factibilidad Económica

Se determinó un estimado de cuánto costaría realizar una señalización horizontal de 300m² considerando las 3 posibilidades de combinaciones entre pintura y microesferas, de modo que se estimará cual sería la carga óptima considerando el factor económico.

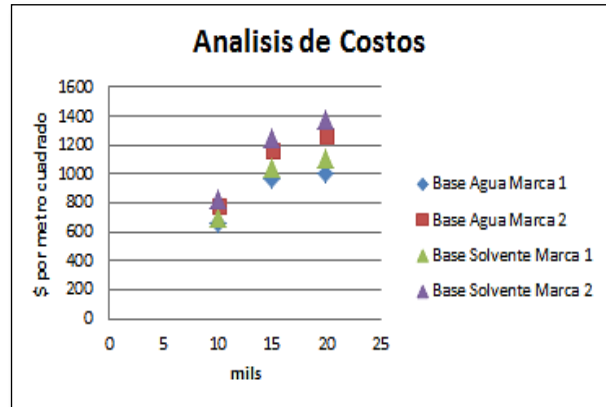


Gráfico 3. Análisis de Costos

Se puede constatar que mientras el espesor de pintura aumenta, el costo por metro cuadrado también, teniendo una relación directa entre estos factores.

Se debe recalcar que a 20mils y carga de microesferas que corresponde a este espesor se obtienen buenas retroreflectancias, pero el costo aumenta considerablemente en un 62% con respecto al de 10mils y las esferillas pueden desprenderse más rápidamente..

A 15 mils se tiene un equilibrio, tenemos la mayor retroreflectancia a un precio aun un poco accesible y además que nos durara más en el concreto.

A 10 mils es un reducido costo, debido a que se aplica menor cantidad de pintura, que es el factor que eleva el precio de la aplicación por metro cuadrado, aunque a este espesor el desgaste es más agresivo y tendrá que ser repintado.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- ✓ Se concluye que la carga óptima de microesferas a aplicar en la señalización vial de modo que se garantice una mayor retroreflectancia es de 1000g/l a 15 mils de espesor. Aunque las normas de los fabricantes de las pinturas de tráfico generalmente recomiendan 700g/l.
- ✓ Se considera que las aplicaciones de 10 y 15mils de espesor, con sus cargas óptimas



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



correspondientes son las más económicas, puesto que la cantidad de pintura empleada es menor. Aunque se escoge como la mejor combinación el espesor de 15mils con 100g/l de microesferas por su eficacia en las medidas de retrorreflexión y duración, además del costo que representa.

- ✓ Con respecto a la calidad de las pinturas, se concluye que ambas marcas cumplieron con todos los requisitos establecidos por la NTE INEN 1042
- ✓ La duración de la pintura de tráfico suele ser variable según el sustrato donde se aplique y su porosidad, el método de aplicación, las características atmosféricas, el nivel del tráfico y la preparación de la superficie. Estos factores son determinantes al igual que el espesor y la cantidad de microesferas anteriormente mencionadas.
- ✓ Se constata que la pintura blanca posee una mayor retroreflectancia, lo cual es deducido porque el color blanco de la pintura influye de manera significativa en este resultado.
- ✓ Realizando un análisis en el desempeño del tipo de pintura, considerando las dos marcas estudiadas, se concluye que:
 - Las pinturas en base agua reflejan mejor el color blanco.
 - Las pinturas en base solvente reflejan mejor el color.

5.2 Recomendaciones

- ✓ Cuando se aplique pintura sobre concreto, si la superficie está semi húmeda y no se puede pintar, se recomienda utilizar un solvente y aspergearlo sobre el piso, de modo que atrape las moléculas de agua adheridas y se evaporen juntas.
- ✓ En la aplicación manual de las microesferas se debe tener especial cuidado en el sembrado de estas, debido a que en ciertas áreas se puede producir una saturación de la marca, la cual provocará un ensuciamiento de la marca vial, además de una retroreflectancia mínima.
- ✓ La calidad de la aplicación manual depende básicamente de la pericia del aplicador, quien debe adquirirla para lograr los resultados esperados en cuanto a distribución y cantidad de microesferas aplicadas.

- ✓ Se recomienda una aplicación con pistola y equipo airless, debido a que se desperdicia menos pintura además de que se puede obtener un espesor constante que no se logra en una aplicación con brocha o rodillo.

6. Bibliografía

- [1] Tecnología de pinturas y recubrimientos: Componentes, formulación, manufactura y control de calidad / Carlos A. Guidice y Andrea M. Pereyra. 1ª ed- Buenos Aires: Editorial EDUTECNE, 2009.
- [2] Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas (Oct. 2004). Óptica de la señalización vial, 12. [24 de Octubre del 2012] disponible en: <http://www.citop.es/PubPDF/Cimbra359_10.pdf>
- [3] Ministerio de fomentos (Mayo 1998). Nota técnica [versión electrónica] Criterios de redacción de proyectos de marcas viales, [26 de Octubre del 2012] Disponible en: <<http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/075C1884-052E-4FE0-B9CC-89E355E2AE0E/55743/1120300.pdf>>