

Universidad Latina de Costa Rica
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Escuela de Ingeniería Civil

Propuesta de trabajo final de graduación para optar por el grado
académico de Licenciatura en Ingeniería Civil

**Demarcación vial horizontal en Costa Rica: ¿cómo lograr su
mejor desempeño en pavimentos?**

Sebastián Garita Quirós

San Pedro, Montes de Oca, Costa Rica
Enero, 2022

Hoja del Tribunal Examinador



TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: Demarcación vial horizontal en Costa Rica: Como lograr su mejor desempeño en pavimentos, por el (la) estudiante: Sebastián Garita Quiros e, fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Latina, Sede San Pedro, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil:

Firma: _____

Tutor

Nombre: Ing. Pablo Torres Morales

Firma : _____

Lectora

Nombre: Ing. María del Carmen Gallardo.

Firma : _____

Lector

Nombre: Ing. José María Ulate Zárata

Carta de aprobación del tutor



CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL TUTOR DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Universidad Latina Sede San Pedro, 27/12/2021

Señores Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Demarcación vial horizontal en Costa Rica: Como lograr su mejor desempeño en pavimentos, elaborado por el estudiante: Sebastián Garita Quiros como requisito para que el citado estudiante pueda optar por grado académico de Licenciatura en ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor

Suscribe cordialmente

PABLO JOSE TORRES MORALES
Firma: (FIRMA)

Digitally signed by
PABLO JOSE
TORRES MORALES
(FIRMA)
Date: 2021.12.28
08:58:27 -06'00'

Nombre: Ing. Pablo Torres Morales

Carta de aprobación del lector



CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL LECTOR DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Universidad Latina Sede San Pedro, 27/12/2021

Señores Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Demarcación vial horizontal en Costa Rica: Como lograr su mejor desempeño en pavimentos, elaborado por el estudiante: Sebastián Garita Quiros como requisito para que el citado estudiante pueda optar por grado académico de Licenciatura en ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente

MARIA DEL CARMEN
GALLARDO MEJIA
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
MARIA DEL CARMEN
GALLARDO MEJIA (FIRMA)
Fecha: 2022.01.10 10:08:04
-06'00'

Firma : _____



**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL LECTOR DEL TRABAJO FINAL
DE GRADUACIÓN**

Universidad Latina Sede San Pedro, 27/12/2021

Señores Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

Estimados señores: He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Demarcación vial horizontal en Costa Rica: Como lograr su mejor desempeño en pavimentos, elaborado por el estudiante: Sebastián Garita Quiros como requisito para que el citado estudiante pueda optar por grado académico de Licenciatura en ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente

Firmado digitalmente por José María Ulate Zárate
Fecha: 2022.01.10 11:41:27 -0500

Firma: José María Ulate Zárate

Nombre: Ing. José María Ulate Zárate



DECLARACIÓN JURADA

Yo, Sebastián Garita Quiros de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy Autor Intelectual de la Tesis titulada:

Demarcación vial horizontal en Costa Rica: Como lograr su mejor desempeño en pavimentos.

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Firmo en Universidad Latina Sede San Pedro

Firma: Sebastián Garita Quiros

Nombre: Sebastián Garita Quiros.

Licencia De Distribución No Exclusiva (carta de la persona autora para uso didáctico)
Universidad Latina de Costa Rica

Yo (Nosotros): Sebastián Garita Quiros

De la Carrera / Programa: ingeniería Civil

Modalidad de TFG: TESIS

Titulado:

Demarcación vial horizontal en Costa Rica: ¿cómo lograr su mejor desempeño en pavimentos?

Al firmar y enviar esta licencia, usted, el autor (es) y/o propietario (en adelante el "AUTOR"), declara lo siguiente: **PRIMERO:** Ser titular de todos los derechos patrimoniales de autor, o contar con todas las autorizaciones pertinentes de los titulares de los derechos patrimoniales de autor, en su caso, necesarias para la cesión del trabajo original del presente TFG (en adelante la "OBRA"). **SEGUNDO:** El AUTOR autoriza y cede a favor de la UNIVERSIDAD U LATINA S.R.L. con cédula jurídica número 3-102-177510 (en adelante la "UNIVERSIDAD"), quien adquiere la totalidad de los derechos patrimoniales de la OBRA necesarios para usar y reusar, publicar y republicar y modificar o alterar la OBRA con el propósito de divulgar de manera digital, de forma perpetua en la comunidad universitaria. **TERCERO:** El AUTOR acepta que la cesión se realiza a título gratuito, por lo que la UNIVERSIDAD no deberá abonar al autor retribución económica y/o patrimonial de ninguna especie. **CUARTO:** El AUTOR garantiza la originalidad de la OBRA, así como el hecho de que goza de la libre disponibilidad de los derechos que cede. En caso de impugnación de los derechos autorales o reclamaciones instadas por terceros relacionadas con el contenido o la autoría de la OBRA, la responsabilidad que pudiera derivarse será exclusivamente de cargo del AUTOR y este garantiza mantener indemne a la UNIVERSIDAD ante cualquier reclamo de algún tercero. **QUINTO:** El AUTOR se compromete a guardar confidencialidad sobre los alcances de la presente cesión, incluyendo todos aquellos temas que sean de orden meramente institucional o de organización interna de la UNIVERSIDAD **SEXTO:** La presente autorización y cesión se regirá por las leyes de la República de Costa Rica. Todas las controversias, diferencias, disputas o reclamos que pudieran derivarse de la presente cesión y la materia a la que este se refiere, su ejecución, incumplimiento, liquidación, interpretación o validez, se resolverán por medio de los Tribunales de Justicia de la República de Costa Rica, a cuyas normas se someten el AUTOR y la UNIVERSIDAD, en forma voluntaria e incondicional. **SÉPTIMO:** El AUTOR

acepta que la **UNIVERSIDAD**, no se hace responsable del uso, reproducciones, venta y distribuciones de todo tipo de fotografías, audios, imágenes, grabaciones, o cualquier otro tipo de presentación relacionado con la **OBRA**, y el **AUTOR**, está consciente de que no recibirá ningún tipo de compensación económica por parte de la **UNIVERSIDAD**, por lo que el **AUTOR** haya realizado antes de la firma de la presente autorización y cesión. **OCTAVO:** El **AUTOR** concede a **UNIVERSIDAD**, el derecho no exclusivo de reproducción, traducción y/o distribuir su envío (incluyendo el resumen) en todo el mundo en formato impreso y electrónico y en cualquier medio, incluyendo, pero no limitado a audio o video. El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD**, puede, sin cambiar el contenido, traducir la **OBRA** a cualquier lenguaje, medio o formato con fines de conservación. **NOVENO:** El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD** puede conservar más de una copia de este envío de la **OBRA** por fines de seguridad, respaldo y preservación. El **AUTOR** declara que el envío de la **OBRA** es su trabajo original y que tiene el derecho a otorgar los derechos contenidos en esta licencia. **DÉCIMO:** El **AUTOR** manifiesta que la **OBRA** y/o trabajo original no infringe derechos de autor de cualquier persona. Si el envío de la **OBRA** contiene material del que no posee los derechos de autor, el **AUTOR** declara que ha obtenido el permiso irrestricto del propietario de los derechos de autor para otorgar a **UNIVERSIDAD** los derechos requeridos por esta licencia, y que dicho material de propiedad de terceros está claramente identificado y reconocido dentro del texto o contenido de la presentación. Asimismo, el **AUTOR** autoriza a que en caso de que no sea posible, en algunos casos la **UNIVERSIDAD** utiliza la **OBRA** sin incluir algunos o todos los derechos morales de autor de esta. **SI AL ENVÍO DE LA OBRA SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA U ORGANIZACIÓN QUE NO SEA UNIVERSIDAD U LATINA, S.R.L., EL AUTOR DECLARA QUE HA CUMPLIDO CUALQUIER DERECHO DE REVISIÓN U OTRAS OBLIGACIONES REQUERIDAS POR DICHO CONTRATO O ACUERDO.** La presente autorización se extiende el día de de a las

Firma del estudiante(s):

[Firma manuscrita]

Carta de revisión filológica

San José, 2 de enero de 2022

Señores(as):

Universidad Latina de Costa Rica

Estimados señores(as):

Yo, María Fernanda Sanabria Coto, cédula de identidad 114290780, bachiller en Filología española graduada en la Universidad de Costa Rica, perteneciente a la Asociación Costarricense de Filólogos (ACFIL), carné 225 y al Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes de Costa Rica (COLYPRO), código 75402, hago constar que he revisado el documento titulado:

Demarcación vial horizontal en Costa Rica: ¿cómo lograr su mejor desempeño en pavimentos?

Dicho documento fue elaborado por Sebastián Garita Quirós, cédula de identidad 117280114, con el fin de optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Civil. He revisado y corregido aspectos tales como construcción de párrafos, vicios del lenguaje trasladados a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico.

Atentamente,

Fernanda S. Coto.



María Fernanda Sanabria Coto
Asociación Costarricense de Filólogos. Carné nro. 225
Colypro. Código 75402
fernanda.sanabria@filologos.cr
Teléfono: +506 6022 9569

MARIA
FERNANDA
SANABRIA
COTO (FIRMA)

Firmado digitalmente
por MARIA FERNANDA
SANABRIA COTO
(FIRMA)
Motivo: Carta de
revisión filológica
Fecha: 2022.01.02
22:18:35 -06'00'

Dedicatoria

Esta tesis la dedico a mis padres, quienes me han apoyado desde el día uno que inició mi sueño de ser ingeniero; a mis hermanas y mi mejor amigo Edgardo, quienes han estado conmigo en todo momento; a mis tíos Freizer y Ronald, quienes han sido mis guías en el campo ingenieril, al igual que mis abuelos y mi madrina, les agradezco cada grano de arena que han aportado para mi formación.

Resumen

Esta investigación tiene como finalidad identificar los principales factores que afectan el rendimiento de una demarcación vial horizontal, a partir de entrevistas con los expertos a nivel país sobre el tema. Se realizan investigaciones bibliográficas y de registro de lecciones aprendidas en los últimos años en los proyectos de demarcación vial horizontal; con el fin de construir una matriz, donde se definirá si el factor por analizar afecta de manera directa o indirecta junto con su grado de afectación. Además, se realiza un proyecto de demarcación vial horizontal conocido como tramo de prueba, donde se aplica la normativa realizada por los expertos del Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, quienes conforman el Comité CTN11-01 de dicha institución. Esto con el fin de, mediante inspecciones visuales, determinar si el rendimiento del producto (pintura base solvente) es el esperado según la ficha técnica del producto.

Palabras clave: demarcación vial horizontal, pintura a base de agua y base solvente, matriz de afectación, material termoplástico, tramo de prueba.

Tabla de contenidos

Hoja del Tribunal Examinador	ii
Carta de aprobación del tutor	iii
Carta de aprobación del lector	iv
Carta de revisión filológica	ix
Dedicatoria	x
Resumen	xi
Tabla de contenidos	xii
Lista de tablas	xvi
Lista de figuras	xvii
Capítulo I. Problema y propósito	1
1.1. Estado actual del objeto de estudio	1
1.1.1. Planteamiento del problema de estudio	2
1.1.2. Enunciado del problema	2
1.1.3. Formulación del problema	3
1.2. Justificación	3
1.3. Objetivos	3
3.1.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Alcances y limitaciones	4
1.4.1. Alcances	4
1.4.2. Limitaciones	4
1.5. Delimitaciones	4
1.5.1. Delimitación espacial	4
1.5.2. Delimitación temporal	4

Capítulo II. Fundamentación teórica	5
2.1. Demarcación vial horizontal	5
2.2. Colores y letras	6
2.3. Clasificación	6
2.3.1. Líneas centrales	6
2.3.2. Líneas de borde	8
2.3.3. Líneas de carril	9
2.3.4. Demarcación de canalización	9
2.3.5. Flechas	9
2.4. Materiales	10
2.4.1. Microesferas de vidrio	10
2.4.2. Pinturas	11
2.4.2.1. Pintura base agua	12
2.4.2.2. Pintura base solvente	13
2.4.3. Material termoplástico	13
2.4.4. Tipos de termoplástico	14
2.4.4.1. El termoplástico de hidrocarburos	14
2.4.4.2. El termoplástico alquídico	14
Capítulo III. Marco metodológico	16
3.1. Sujetos y fuentes de información.	17
3.2. Definición de variables	18
3.3. Instrumentos y técnicas utilizadas en la recolección de los datos.....	18
3.3.1. Entrevistas	18
3.3.2. Cuestionario.....	19
3.3.3. La observación	19

3.4. Sustentación de la confiabilidad y validez de los instrumentos de la investigación.	20
3.5. Cronograma de trabajo	21
Capítulo IV. Resultados	22
4.1. Desarrollo de la matriz	22
4.1.1. Pinturas	23
4.1.1.1. Previo a la demarcación.....	23
4.1.1.2. Durante la demarcación	23
4.1.1.3. Posterior a la demarcación.....	26
4.1.2. Material termoplástico.....	29
4.1.2.1. Previo a la demarcación.....	29
4.1.2.2. Durante la demarcación	30
4.1.2.3. Posterior a la demarcación.....	31
4.2. Tramo de prueba.....	33
4.2.1. Inicio del tramo de prueba	33
4.2.2. Demarcación del tramo de prueba.....	36
4.2.3. Pruebas realizadas en sitio.....	36
4.2.3.1. Prueba de espesores	36
4.2.3.2. Revisión visual	39
4.2.4. Comparación de marcas viales.....	40
4.3. Reunión de expertos	42
4.3.1. Entrevista con el ingeniero Benjamín Sandino	42
4.3.2. Entrevista con el ingeniero y dueño de BELA Consultores (Alejandro Lapentti).....	44
4.3.3. Entrevista con el ingeniero químico y presidente del comité de CTN 11-01 de INTECO (Fernando Ruiz)	44

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones	55
5.1. Conclusiones.....	55
5.2. Recomendaciones.....	58
Referencias.....	59
Anexo 1. Fotografías adicionales.....	60
Anexo 2. Ficha técnica de pintura solvente	76
Anexo 3. Lista de chequeo diario.....	78

Lista de tablas

Tabla 1. Contenido de microesferas por tipo de pintura	11
Tabla 2. Espesores de película para la demarcación horizontal.....	36

Lista de figuras

Figura 1. Línea continúa	7
Figura 2. Línea de borde.....	8
Figura 3. Aspectos del proceso de desarrollo de la matriz.....	22
Figura 4. Tramo de prueba.....	33
Figura 5. Verificación de equipo. Parte 1.	34
Figura 6. Verificación de equipo. Parte 2	35
Figura 7. Foto medición de ancho 10 cm.....	37
Figura 8. Foto medición con galgas	38
Figura 9. Inspección visual nocturna.....	39
Figura 10. Línea recién demarcada	40
Figura 11. Línea de desgaste.....	41

Capítulo I. Problema y propósito

1.1. Estado actual del objeto de estudio

Esta investigación está basada en los entregables del comité CTN11-01 del Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), quienes son por ley el órgano llamado para generar la normativa a nivel país. Este Comité se encuentra conformado de la siguiente forma:

- Laboratorio Nacional de Modelos Estructurales (LanammeUCR): representado por el ingeniero Javier Zamora, ingeniera Sandra Solorzano e ingeniero Jorge Salazar.
- Pinturas CELCOLOR: representado por el ingeniero Melvin Angulo.
- Dirección General de Ingeniería de Tránsito del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT): representado por ingeniero Miguel Zamora, ingeniero Leonardo Álvarez e ingeniera Diana Jiménez.
- LANCO: representado por el ingeniero Oscar Murillo.
- Bela Consultores: representado por el ingeniero Alejandro Lapentti.
- Colegio de Químicos de Costa Rica: representado por el ingeniero Fernando Ruiz.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos: representado por el ingeniero Javier Chacón.
- Asesores viales independientes: ingeniero Benjamín Sandino Gonzales con 25 años de experiencia de trabajar en el MOPT y actualmente labora en la Compañía Asesora de Construcción e Ingeniería (Cacisa).

La normativa generada por INTECO es de carácter voluntario, no obligatorio, para los entes y organizaciones. Desde la creación de este órgano encargado del tema de la demarcación vial, se ha detectado la falta de conocimiento por parte de instituciones públicas. Se ha dado una omisión total de la normativa nacional; implementación parcial del contenido de la normativa nacional; combinación de requisitos de normativas nacionales con requisitos obtenidos en normativas internacionales; poca anuencia a la implementación de nuevas herramientas dentro

de los contactos por falta de conocimiento técnico al respecto; así como inopia, en el mercado nacional o en el sector nacional, de laboratorios de ensayo que hayan implementado este tipo de ensayos dentro de su alcance.

En el país, actualmente, se encuentran 93 normas oficiales, creadas por el comité CTN11-01 de INTECO, en dichas normas se establecen normas de calidad, de materiales y pinturas, guías de buenas prácticas y sus respectivos ensayos. Además, se encuentran en vigencia, aproximadamente, entre 6 y 7 años conforme a su creación y acreditación.

1.1.1. Planteamiento del problema de estudio

Se ha demostrado que el desempeño del producto (Material Termoplástico, Pintura base agua y Pintura base solvente) no cumple con las expectativas de los usuarios ni de los contratantes. A lo largo de los años, se han detectado problemas por falta de control, de verificación e investigación de la aplicación del producto.

Estas fallas motivaron a investigar los factores puntuales que afectan la demarcación horizontal y su desempeño. Además, cómo se desempeña una demarcación, utilizándola de manera correcta tanto en la aplicación como en la elección del producto por utilizar.

1.1.2. Enunciado del problema

A pesar de que se demuestra, a través de certificados de control de calidad y sus respectivos ensayos, se ha verificado que, en la mayoría de los proyectos que se demarcaron de manera vial horizontal, no cumplen con el resultado deseado por los contratantes ni por los usuarios; esto deja en evidencia la mala o nula aplicación de las normas.

Por lo tanto, se realiza una investigación profunda junto con entrevistas a los expertos a nivel país sobre este tema y se lleva a cabo un tramo de prueba con sus respectivos controles a seguir, con el fin de determinar los principales factores que perjudican el desempeño de la demarcación vial horizontal.

1.1.3. Formulación del problema

No se realizan pruebas de laboratorio porque la universidad no cuenta con la infraestructura necesaria para desarrollar este tipo de investigaciones.

Se analiza la información aportada por el comité, las entrevistas con los principales miembros de este, así como tramos de prueba, los cuales llevarán el control y seguimiento en el periodo de realización y defensa de la tesis. Debido a lo anterior, surgen las siguientes interrogantes:

- ¿Cómo se puede realizar una buena demarcación horizontal?
- ¿Cómo sería el desempeño de los materiales y pinturas si se utiliza correctamente la normativa creada por INTECO?

1.2. Justificación

Este problema de investigación se basa en la falta de conocimiento a nivel país sobre el tema de la demarcación vial horizontal. Debido a que la detección de la falta de desempeño de los productos refleja una amenaza para la seguridad vial de los usuarios.

Junto con el comité CTN11-01 de INTECO, se busca llegar a fondo con los principales factores que afectan el desempeño del producto utilizado en la demarcación vial horizontal.

1.3. Objetivos

3.1.1. Objetivo general

Determinar los principales factores que influyen en el desempeño de una demarcación vial horizontal.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Valorar el efecto directo de los principales factores externos que afectan el desempeño de una demarcación vial según el producto utilizado.

2. Demostrar que el adecuado control, previo a la demarcación horizontal, de los factores externos maximiza la vida útil del producto en el pavimento.
3. Realizar un tramo de prueba en una ruta nacional aplicando las mejores prácticas constructivas para determinar el desempeño del producto.

1.4. Alcances y limitaciones

1.4.1. Alcances

Como parte de los alcances, se encuentra el conocimiento y retroalimentación de la experiencia de los expertos que conforman el comité CTN11-01 de INTECO, así como los entregables de este comité.

1.4.2. Limitaciones

- Falta de investigación a nivel nacional sobre el tema.
- Carencia de laboratorios a nivel nacional.
- Selección de materiales analizados.
- Colocación de los materiales utilizados en el tramo de prueba.

1.5. Delimitaciones

1.5.1. Delimitación espacial

Se encuentra delimitado a la normativa nacional.

1.5.2. Delimitación temporal

Se delimita al tiempo que permite la realización de la tesis.

Capítulo II. Fundamentación teórica

La señalización vial es uno de los principales aspectos en la ingeniería de la seguridad vial; es un sistema que tiene como tarea principal representar visualmente las leyes de tránsito en las vías públicas. Además, tiene el objetivo de reglamentar, guiar, prevenir, informar sobre peligros o cambios en la vía a conductores y otros usuarios que también la utilizan.

En el ámbito de la señalización vial, se encuentra la demarcación vial horizontal y la señalización vertical. Estas deben complementarse y estar en una posición coherente, ya que deben guiar al usuario correctamente.

En esta sección, se introduce el tema de demarcación vial horizontal, los materiales más utilizados a nivel país y como principal parámetro: cómo lograr el desempeño en la demarcación vial investigando sobre cuáles son los principales factores que afectan en el rendimiento de esta y le impiden al producto desempeñarse de la mejor manera. Hoy en día, se conoce que sí existen factores que inciden directamente en la demarcación vial antes, durante y después de este proceso, y con esto se pretende exponer la base teórica en torno a los principales factores que pueden afectar directamente a la demarcación vial.

2.1. Demarcación vial horizontal

La demarcación vial horizontal está conformada por más de un componente, ya que está definida por un material base como lo son pintura base agua, pintura base solvente y material termoplástico, entre otros. Dentro de estos materiales se complementa con las microesferas de vidrio que brindan mayor visibilidad nocturna. Ninguna pintura ni el material termoplástico brinda una buena visibilidad nocturna; por su parte, las microesferas de vidrio complementan el sistema, aportando con el fenómeno de la retrorreflectividad. Este fenómeno ayuda al usuario a transitar con precaución y que pueda ver la demarcación de carril o cambios en la calzada correctamente.

La demarcación vial horizontal desempeña funciones definidas e importantes en un adecuado sistema de regulación de tránsito: también es usada para dar órdenes al usuario o advertir, cumpliendo con la función para la cual se usa. Se requiere que tenga uniformidad respecto a las dimensiones que indican las normativas del país, diseño, caracteres, colores, frecuencia de línea y tipo de material utilizado. Dentro de las marcas viales o demarcaciones, se especifica que deberán ser reflectivas, como se explicó anteriormente, esta retrorreflectividad se logra con un conjunto de elementos (microesferas de vidrio).

Se debe considerar que un proceso de demarcación vial en una capa asfáltica recién construida o pavimento nuevo se debe realizar a los 30 días; antes de demarcar la vía correctamente, se debe hacer una demarcación provisional donde los espesores son menores a los que indica la norma.

2.2. Colores y letras

Las líneas longitudinales y marcas deben ser de color blanco o amarillo. En las líneas longitudinales, el color blanco se utiliza para la división de tránsito en un mismo sentido; y el color amarillo se encuentra entre el tránsito de sentido contrario. Es importante que, cuando se requiera demarcar en pavimentos rígidos, se deberá implementar un sellador, para dar contraste a la demarcación vial horizontal.

2.3. Clasificación

2.3.1. Líneas centrales

Se emplea este tipo de línea de color amarillo, para indicar el eje de la vía con tránsito en los dos sentidos. Por su parte, el color blanco se utiliza para separar carriles de tránsito que van en el mismo sentido de circulación.

Una línea continua sobre la calzada significa que ningún conductor puede realizar maniobras de rebase ni circular sobre ella. Y una señalización constituida por dos líneas continuas tiene el mismo significado, las líneas de borde de la calzada excluyen este significado.

Figura 1. Línea continúa



Fuente: Hierro (2013).

En algunos casos, estas líneas no se encuentran en el centro geométrico de la carretera, por ejemplo, en transiciones en el ancho de vía (ceda el paso), en tramos de un vehículo a la vez (puentes de un carril), tramos obstaculizados por derrumbes o algún otro factor de impedimento de paso.

Estas líneas se utilizan en los siguientes casos viales:

- Vías rurales que cuentan con dos sentidos.
- En todas las vías secundarias, autopistas, ciclovías, carreteras principales.
- En todas las vías donde los estudios de ingeniería de tránsito indiquen.

2.3.2. Líneas de borde

Las líneas de borde son utilizadas para determinar el límite de la calzada, en autopistas o rutas principales son las encargadas de separar la calzada con el espaldón o “arcén”. Estas líneas pueden presentarse en vías urbanas e indicarle al usuario que puede estacionarse o tiene alguna restricción.

Figura 2. *Línea de borde*



Fuente: Autoescuela Virtual (s.f.).

En todas las vías urbanas que no cuenten con bordillos o vías arteriales o de jerarquía superior, se debe delimitar el borde del pavimento; para vías locales, la implementación de la línea de borde se limita a vías que no disponen de bordillo. Una línea de borde de pavimento color amarillo que se encuentre a la izquierda de la calzada, normalmente en vías que cuentan con separador, indica que los carriles de la otra calzada son de circulación contraria.

2.3.3. Líneas de carril

Su función es delimitar los carriles en los que el tránsito circula en la misma dirección. Cumplen la función de incrementar la eficiencia del uso de una calle, además, ayudan a eliminar la congestión vial.

2.3.4. Demarcación de canalización

Se realizan con pintura o material blanco, son líneas anchas, se caracterizan por su valioso medio de regulación de tránsito para canalizarlo y disminuir los cambios de carril. Se utilizan para:

- Indicar refugios en un área pavimentada.
- Para separar carriles exclusivos de giro de los carriles ordinarios.
- Para demarcar carriles de entrada y salida en autopistas.

2.3.5. Flechas

Se definen como marcas en el pavimento, que indican el sentido o sentidos de circulación del tránsito permitido en los carriles o calzada. Son utilizadas como reglamentación para el conductor.

Se ubican en intersecciones urbanas, en vías arteriales, rurales o de jerarquía superior, se deberá demarcar todas las flechas de giros permitidos sobre cada uno de los carriles de acceso. Su uso de confirmativo de sentidos, en las salidas de intersección, queda totalmente limitado a sitios donde se demuestre su utilidad, como en salidas de la vía, intersecciones con más de cuatro accesos y salidas.

Las flechas se encuentran a una distancia normada dependiendo del país a una línea de pare. Se deberán ubicar en intersecciones urbanas, las flechas de giro permitidos en intersecciones semaforizadas y en intersecciones en “T” de más de un carril.

2.4. Materiales

2.4.1. Microesferas de vidrio

Durante los últimos años, la tecnología en la señalización vial ha pasado por diversos cambios. Donde la reflectividad, que es la encargada de permitir que las señales sean visibles durante la noche, ha logrado evolucionar hasta el punto de convertirse en retrorreflectores microprismáticos de la más alta precisión.

Los microprismas reflejan y tienen la función de regresar la luz de los faros de regreso, por lo general, en forma de cono. Debido a su geometría típica de un automóvil, sus ojos están más cerca de la parte más brillante del cono y, posteriormente, esta luz rebota directo en la vista del conductor.

Las microesferas de vidrio se han convertido en un factor importante para tener una demarcación vial, de esta forma, se obtendrá la retrorreflectividad necesaria para que la demarcación vial horizontal sea perfectamente visible. Las microesferas de vidrio dependen, a su vez, del grado de esfericidad que poseen, esto quiere decir que, cuanto más porcentaje de esfericidad, la retrorreflectividad será mayor. No obstante, es importante que cumpla con la certificación internacional AASHTO M-247, ya que esta normativa garantiza su rendimiento y autenticidad.

Las microesferas de vidrio se definen como elementos imprescindibles en la señalización y seguridad viales; proporcionan mayor visibilidad a los conductores y, de esta manera, contribuyen a prevenir accidentes en la vía pública. La cantidad de microesferas por aplicar debe ser de acuerdo con lo establecido en la tabla 1.

Para la dosificación de las microesferas de vidrio en las pinturas base agua y base solvente, se deben aplicar 0,72 kg por litro o su equivalente de $(0,30 \pm 0,02)$ kg/m² mediante un dispensador presurizado o por métodos de gravedad (ver tabla 1).

La aplicación adicional de microesferas de vidrio superficiales para el material termoplástico debe ser mediante un dispensador presurizado o por métodos de gravedad en un rango entre los $(0,40 \pm 0,02)$ kg/m² (ver tabla 1).

Tabla 1. Contenido de microesferas por tipo de pintura

Tipo de pintura	Tipo de microesfera ¹⁾	Cantidad de esferas kg/m ²	
		Integradas (premezcladas)	Gravedad (Drop-On) kg/m ²
Base solvente	Tipo 1 o Tipo 2	-	$0,30 \pm 0,02$
Base agua tipo II	Tipo 1 o Tipo 2	-	$0,30 \pm 0,02$
Base agua tipo III	Tipo 4 o Tipo 5	-	$0,30 \pm 0,02$
Termoplástico	Tipo 1 o Tipo 3	Según fabricante o proveedor	$0,40 \pm 0,02$

Fuente: Norma INTE Q46 de INTECO (2017a).

2.4.2. Pinturas

Se caracterizan por ser un recubrimiento que se aplica a las superficies de asfalto o concreto, para demarcar áreas o zonas de tránsito vehicular o peatonal. Las pinturas para demarcación horizontal son mezclas constituidas por pigmentos, vehículos y microesferas de vidrio que pueden agregarse durante su aplicación como elementos retrorreflectivos. Al secarse, forman una película sólida de apariencia específica que se emplea para demarcar sobre superficies de rodamiento con líneas, símbolos y letras que tienen por objeto delinear las características geométricas de la vialidad y denotar todos aquellos elementos estructurales que estén instalados dentro del derecho de vía.

Los vehículos son la porción líquida o sólida, que no contempla los solventes de una pintura en la cual se disperse el pigmento. Las pinturas para la demarcación vial deben ser productos especialmente elaborados para resistir la abrasión y el

tráfico vehicular. Se utilizan normalmente para la demarcación vial horizontal de pavimento y también para regular la orientación vehicular y peatonal.

Es importante conocer que, en caso de pinturas de base agua y base solvente, las temperaturas del aire y del pavimento deben estar entre 10 °C y 40 °C. Pueden aplicarse con brocha, rodillo o por atomización, pero existen diferencias en el acabado; dentro de las tres formas de aplicación, se logra mejores resultados con equipos de atomización tipo *airless*.

2.4.2.1. Pintura base agua

Las pinturas base agua se elaboran con resinas acrílicas emulsionadas que proporcionan propiedades adherentes al pigmento de alto índice de refracción como el dióxido de titanio, agentes fungicidas y antiespumantes. Este tipo de pintura puede ser diluido o adelgazado con agua. Hay muchos tipos diferentes de pinturas de agua, basados en dispersiones o emulsiones de resinas o en ingredientes que pueden reaccionar químicamente con el agua.

Según la norma INTE Q44-1 de INTECO (2019), esta pintura tiene un tiempo de secado mayor al de la pintura base solvente, ya que seca en 20 min al tacto y 40 minutos para el rodamiento. Las pinturas base agua para demarcación horizontal, de acuerdo con el vehículo empleado en su formulación, se clasifican en los siguientes tipos:

- Tipo I. Pintura para uso bajo condiciones climáticas normales, es decir, 50 % de humedad relativa, temperaturas moderadas y vientos de baja velocidad. No se utiliza para espesores tan altos como los que se requieren para las microesferas Tipo IV.
- Tipo II. Pintura para uso bajo condiciones climáticas adversas, es decir, aplicación en horario nocturno, humedad alta (cerca de 80 %), bajo movimiento de aire y temperaturas de superficie bajas, de hasta 10 °C. No se utiliza para espesores tan altos como los que se requieren para las microesferas Tipo IV.

- Tipo III. Pintura para uso bajo condiciones climáticas normales donde se desea mayor durabilidad y adhesión de las microesferas de vidrio. La temperatura mínima de aplicación debería ser de 12,8 °C o mayor. Una baja temperatura daría como resultado un tiempo de secado mayor, especialmente cuando se especifica una película mayor (como se requiere cuando se utilizan microesferas de vidrio Tipo IV).

2.4.2.2. Pintura base solvente

La pintura base solvente se caracteriza por su principal ventaja, la cual es el secado rápido. Al utilizar solventes con un menor punto de evaporación, el secado de este es más rápido que su alternativa acuosa (pintura base agua).

Su tiempo de secado es de aproximadamente 8 minutos al tacto, y 30 minutos para el rodamiento. Además, según la norma INTE Q44-2 de INTECO (2017c), al igual que las pinturas de base agua, las pinturas base solvente para señalamiento horizontal, de acuerdo con el vehículo empleado en su formulación, se clasifican en los siguientes tipos:

- Tipo I. Fabricada a partir de resinas alquídicas.
- Tipo II. Fabricadas a partir de copolímeros, polivinil, tolueno, butadieno mezclado con parafina clorada y resinas hidrocarbúricas (derivadas del petróleo).
- Tipo III. Combinación de resina alquídica y caucho clorado.

2.4.3. Material termoplástico

El termoplástico es un compuesto de marcaje vial utilizado para la creación de líneas altamente reflectivas, su duración es de largo plazo. El termoplástico está compuesto por las resinas alquídicas o de hidrocarburo, es un producto en el cual las microesferas de vidrio se adhieren perfectamente.

Su presentación en el mercado es en polvo o en bloques, ya que este se ve sometido a un proceso de derretimiento para su aplicación en la vía. Además, su aplicación requiere de un equipo especializado para el marcaje vial.

La aplicación de termoplástico es de alta calidad y se distingue por su durabilidad, propiedades de reflexión nocturnas, también de día y sus condiciones cuando se ve sometido a humedad. El termoplástico debe ser aplicado con una temperatura del aire y del pavimento mayor a 10 °C (A. Lapentti y F. Ruiz, comunicación personal, 2021).

En este material, la temperatura es un factor altamente importante, ya que juega un papel fundamental en la mezcla y fusión del termoplástico. Se calienta a 215 °C aproximadamente y las máquinas de aplicación deben estar bien reguladas para su agitación y colocación. Aplicado a estas temperaturas, el material se funde y crea una superficie superior al asfalto, esto forma una unión térmica (A. Lapentti y F. Ruiz, comunicación personal, 2021).

2.4.4. Tipos de termoplástico

Hay dos tipos de termoplástico disponibles y recomendados de acuerdo con el uso. Los dos, de hidrocarburos y alquídicos, toman sus nombres del tipo de aglutinante que utilizan.

2.4.4.1. El termoplástico de hidrocarburos

Este termoplástico utiliza resinas derivadas del petróleo. El de hidrocarburos es más estable al calor, con propiedades de aplicación más previsibles, que el alquídico. Debido a que se rompe por las goteras de aceite, es recomendable usar el termoplástico de hidrocarburos para la línea central o de los bordes y no para áreas de alto tráfico donde los autos se detienen.

2.4.4.2. El termoplástico alquídico

El termoplástico alquídico contiene una resina natural que es resistente a los productos de petróleo. Es recomendable para marcar en ciudades o áreas de alto

tráfico donde las manchas de aceite son frecuentes. Debido a que es más sensible al calor, el termoplástico necesita mayor cuidado en el momento de la instalación.

Tanto el termoplástico de hidrocarburos como el alquídico están disponibles en grano o en bloque, en bolsas o cajas de 50 libras, respectivamente. Las propiedades de aplicación de cada uno tienen una vida útil garantizada de un año cuando se almacenan en el interior a una temperatura inferior a 37 °C (A. Lapentti y F. Ruiz, comunicación personal, 2021).

Capítulo III. Marco metodológico

Esta investigación cuenta con un enfoque cuantitativo, ya que tiene la tarea de verificar y comprobar teorías por medio de estudios muestrales representativos donde se aplicarán encuestas y medidas objetivas, utilizando instrumentos sometidos a pruebas de validación y confiabilidad. En este proceso, se utiliza el análisis de datos y generaliza los resultados, donde se buscará obtener resultados del desempeño del producto que se someterá en un tramo de prueba. Se medirá el desempeño del producto utilizado, que será sometido a factores importantes que afectan su desempeño. Dentro de este enfoque, también puede ubicarse la investigación descriptiva y otras que llevan la misma línea de acción.

Así mismo, se utilizarán técnicas experimentales, aleatorias experimentales, cuestionarios, estudio de muestras y análisis de resultados. Es una investigación objetiva con perspectiva desde afuera y orientada al resultado. Además, es fiable, ya que emplea datos sólidos y perceptibles. La finalidad de la investigación es la verificación y el diseño de investigación es determinado.

Esta investigación es descriptiva. Refiere situaciones y eventos que especifican las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Mide de manera independiente, las variables con las cuales se relaciona el problema, aunque muchas veces se integran mediciones, su objetivo final no es indicar cómo se relacionan estas. Así mismo, los estudios descriptivos deben ser capaces de definir qué se medirá y cómo se logrará esa medida.

Esta investigación se encarga de documentar los entregables y experiencias personales de los integrantes del comité de CTN11-0 de INTECO, para determinar los principales factores que afectan el desempeño de materiales, pinturas, entre otros, en las demarcaciones horizontales

3.1. Sujetos y fuentes de información.

En este apartado, se definen las personas, instituciones y organizaciones participantes, por lo que se recurrirá a las que mejor manejan la información. Además, la unidad de análisis será el rendimiento de las pinturas base agua, pinturas base solvente y material termoplástico

Junto con los objetivos de la investigación, se trabajara con los integrantes del comité de CTN11-01 de INTECO, Normas extranjeras y revisión de normativa propuesta a nivel nacional.

El comité CTN11-01 de INTECO se encuentra conformado por colocadores, productores y expertos, para definir la investigación y obtener la información requerida. Dentro de los integrantes se encuentran:

- Laboratorio Nacional de Modelos Estructurales (LanammeUCR): representado por el ingeniero Javier Zamora, ingeniera Sandra Solorzano e ingeniero Jorge Salazar.
- Pinturas CELCOLOR: representado por el ingeniero Melvin Angulo.
- Dirección General de Ingeniería de Tránsito del Ministerio de Obras públicas y Transportes (MOPT): representado por ingeniero Miguel Zamora, ingeniero Leonardo Álvarez e ingeniera Diana Jiménez.
- Bela Consultores: representado por el ingeniero Alejandro Lapentti.
- Colegio de Químicos de Costa Rica: representado por el ingeniero y presidente del comité Fernando Ruiz.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos: representado por el ingeniero Javier Chacón.
- Asesores viales independientes: ingeniero Benjamín Sandino Gonzales con 25 años de experiencia de trabajar en el MOP y actualmente en Cacisa.

Dentro de las normas nacionales y extranjeras

- Normativa española.
- Normativa colombiana.
- Normas ASTM.
- Normas ASSHTO.

3.2. Definición de variables

Se cuenta con diferentes tipos de variables en la investigación, como variables inter, variables independientes y variables dependientes.

- Humedad: se considera variable independiente, debido a que su presencia en exceso condiciona el rendimiento del material o pintura que se utilizará.
- Condiciones climáticas: se considera variable independiente, las condiciones climáticas pueden suspender el proyecto, ya que cuenta con factores que afectan gravemente el desempeño.
- Condición del pavimento: variable dependiente, su estado puede perjudicar seriamente la demarcación, ya que tiene una gran influencia en la adherencia del material o pintura.
- Material termoplástico, pintura a base de agua, pintura base solvente: variables inter, se toman en cuenta los rendimientos según el fabricante y obtener comparaciones con el fin de definir cuál es óptimo para dicho tramo en estudio.

3.3. Instrumentos y técnicas utilizadas en la recolección de los datos.

3.3.1. Entrevistas

Reiterados encuentros, normalmente cara a cara, entre el entrevistador y entrevistados, se dirigen hacia la comprensión de diferentes perspectivas que tienen los informantes al respecto de lecciones aprendidas, experiencias o situaciones expresadas en sus propias palabras. Su preparación requiere de

experiencia, habilidades y tacto para encontrar temas. La entrevista se desarrolla a partir de cuestiones, para acercarlo al problema de estudio.

Las preguntas no buscan abreviar las respuestas, sino nutrir el tema para entrar en detalles y lograr, de manera natural, expresar sus ideas o valoración del problema. Se requiere de un aprendizaje sobre los acontecimientos y actividades que no se pueden observar. Son informantes en el sentido de la palabra, se convierten en los ojos y oídos del investigador en el campo.

Se debe estar claro y bien definido al hacer la investigación, no se debe tener límites de tiempo, además, se requiere establecer experiencias del entrevistado en el tema.

Estas entrevistas se basarán en recolectar información para encontrar los principales factores que pueden afectar el desempeño de los productos utilizados en la demarcación horizontal vial y en cómo se afecta cada uno.

3.3.2. Cuestionario

Es una técnica muy valiosa en la recolección de datos para la investigación con un enfoque cualitativo. Es una técnica más de recolección, pero no es la única ni la principal; se considera parte del esquema de referencia teórico y de experiencias que se originan en un colectivo determinado, además, se vincula al contexto para investigar. Su extensión debe ser limitada y busca que los participantes conozcan los resultados.

Se emplea una lista de chequeo (*check list*) donde se documenta las condiciones en las que se estará empleando el tramo de prueba. Además, se definirán las variables en sitio como la humedad, condiciones climáticas, sitio donde se realizó la prueba, verificación de aplicación de las normas y responsables a cargo.

3.3.3. La observación

Es el proceso mediante el cual se puede recoger información por sí mismo, información que se ve relacionada con los problemas. En el proceso de la observación, se ve reflejado el proceso de Observación= percepción +

interpretación; al igual que el enfoque cuantitativo, es necesario conocer el qué, el quién, el cómo y el cuándo se observa.

Observar los hechos como se presentan y registrarlos, siempre y cuando se sigan los procedimientos físicos o mecánicos. Se puede dar una interpretación correcta con la vista a los objetos.

3.4. Sustentación de la confiabilidad y validez de los instrumentos de la investigación.

En cuanto a la confiabilidad interna, en el enfoque cuantitativo, se deberá diseñar los ítems del cuestionario y de la entrevista, debe estar claro y ordenado, ya que no debe generar respuestas tipo patrón.

Se utilizan definiciones precisas y operaciones de modo de indicadores específicos. No requiere de observaciones múltiples, ya que sus datos se obtienen con base en un estímulo estandarizado. Además, es necesario especificar claramente la unidad o unidades de análisis.

En la confiabilidad externa, es necesario tomar en cuenta que la confianza debe ser alta, esto debido a que se utilizan instrumentos estandarizados, como lo es el *check list* y normas nacionales otorgadas, certificadas por INTECO.

Se documentarán las entrevistas y las respuestas del cuestionario. Se hará referencia a la experiencia de cada miembro del comité, instituciones de este y los entregables que se brindan para esta investigación.

Capítulo IV. Resultados

4.1. Desarrollo de la matriz

La figura 4 resume el proceso de desarrollo de la matriz y, posteriormente, se describen los aspectos para cada una de las tecnologías.

Figura 3. Aspectos del proceso de desarrollo de la matriz

Tecnología	Aspectos a Valorar	Afectación		Grado de Afectación			Observaciones
		Directa	Indirecta	Leve	Moderado	Alto	
PINTURA BASE SOLVENTE	Antes						
	Limpieza previa	X				X	Este agregado se refiere a los factores que afectan en la demarcación vial horizontal antes de ser ejecutada con pintura base solvente.
	Durante						
	Proceso de Demarcación	X				X	En este proceso cualquier factor puede afectar directamente en el desempeño, tanto como una falla en el equipo, falta de experiencia en el personal o la selección del material para el tipo de marca a demarcar.
	Equipo para demarcación		X		X		
	Experiencia de personal para Demarcación	X			X		
	Tipo de marca vial		X	X			
	Posterior						
	Superficie del pavimento		X		X		Posterior al proceso de demarcación se requieren monitorear los siguientes factores para conseguir que su desempeño sea el deseado, realizar los ensayos para determinar los espesores correctos de la película, darle el mantenimiento preventivo a la pintura y su respectiva limpieza para evitar la pérdida de retroreflectividad.
	Temperatura del pavimento	X				X	
	Mantenimiento del pavimento		X		X		
	Tránsito promedio Diario	X				X	
	Ancho de carril	X				X	
Espesor de la marca	X			X			
Entorno de la vía	X				X		
MATERIAL TERMOPLÁSTICO	Antes						
	Limpieza previa	X				X	El material termoplástico requiere de cuidados especiales previos en la limpieza, se debe indicar la edad del pavimento y verificar si amerita un sello o no antes de su aplicación.
	Durante						
	Proceso de Demarcación	X				X	Durante su aplicación el personal debe utilizar su experiencia a la hora de fundir el material ya que la temperatura del pavimento juega un papel importante ya que puede provocar daños como burbujas en la película y deformarla.
	Equipo para demarcación	X			X		
	Experiencia de personal para Demarcación	X			X		
	Tipo de marca vial	X			X		
	Posterior						
	Superficie del pavimento		X		X		Una vez que se coloque la película, el tramo demarcado debe ser monitoreado y llevar su respectivo mantenimiento para lograr su mejor desempeño, antes de aprobar la demarcación se debe verificar que una vez seco el termoplástico no se encuentren burbujas y pérdida de consistencia en las líneas de la demarcación.
	Temperatura del pavimento	X				X	
	Mantenimiento del pavimento	X				X	
	Tránsito promedio Diario	X			X		
	Entorno de la vía	X				X	
Ancho de carril	X				X		
Espesor de la marca	X				X		

4.1.1. Pinturas

4.1.1.1. Previo a la demarcación

Limpieza previa. Antes del proceso de aplicación de los materiales de demarcación, se debe limpiar la superficie con alguno de los métodos recomendados por norma INTE Q46 (INTECO, 2017a). Se puede utilizar los siguientes métodos: barrer la calzada o tramo a demarcar, lavar con aire presurizado y o agua a presión. La superficie donde se aplicará la pintura debe estar libre de grasa, maleza, piedras sueltas o cualquier otro elemento que interfiera con la adhesión de la pintura sobre el pavimento.

En caso de que sea un área que está demarcada y que puede causar un tipo de confusión a los usuarios o presente problemas de adherencia, deben ser removidas en su totalidad. Estas marcas viejas deberán someterse a un proceso de remoción, el cual se llevará a cabo con un esmerilado o cualquier otro proceso abrasivo. Una vez acabado este proceso, se procede nuevamente a limpiar la superficie a demarcar e implementar la técnica que apruebe el contratante para reducir el contraste de la marca vieja con la marca nueva.

Su grado de afectación es directo y su grado de afectación alto, debido a que una mala limpieza o de no realizarse, no habrá una correcta adherencia del producto con el material asfáltico.

4.1.1.2. Durante la demarcación

Proceso de demarcación. En el proceso de aplicación, se deben verificar los espesores, las dimensiones y el color de la demarcación. También se debe tomar un control de la cantidad de microesferas de vidrios, que deben cumplir con lo establecido en la norma INTE Q45 de INTECO (2017b). Las microesferas utilizadas para la prueba que establece la norma deben ser tomadas directamente de la boquilla del equipo de aplicación y así asegurar un mejor desempeño de la demarcación.

Las condiciones climáticas son un elemento clave para lograr un buen desempeño de la demarcación vial. Debido a su importancia, se debe monitorear antes, durante y después del proceso de demarcación. Las variantes en las condiciones deben ser notificadas al contratista para proceder según corresponda; en algunos casos, las obras deben suspenderse por las condiciones climáticas; esta decisión va más al criterio del contratista y se retoma cuando las condiciones climáticas sean adecuadas para la demarcación.

Su grado de afectación es alto y su afectación es directa. En este proceso, se deberán llevar todos los controles necesarios y, en caso de falla o factor que afecte a futuro, deberá ser reportado para su intervención o toma de decisiones antes de ser un problema considerable.

Equipo para la demarcación. Los materiales deben cumplir con los requisitos establecidos según corresponda. Se debe contar con un certificado de calidad del proveedor o el fabricante del producto y, en caso de duda, se deberá acudir a un tercero para validar el material o equipo por utilizar.

El equipo de aplicación debe estar totalmente limpio y libre de residuos. Para las pinturas de base de agua y pinturas base solvente, se debe filtrar con una malla de al menos 80-90 micrómetros la pintura antes de colocarla en el tanque o dispensador del equipo de aplicación, con el fin de garantizar que no se obstruyan las boquillas de las pistolas.

Se debe realizar una debida inspección tanto al equipo como a los materiales. Por lo tanto, el encargado del proyecto deberá contar con una balanza calibrada, cinta métrica, medidor de espesor (medidora galga de espesores húmedos), bolsa plástica para recolección de microesferas, foco, higrotermómetro que incluya capacidad de medición del punto de rocío y calibrado, papel filtro 30 cm x 30 cm, plástico en láminas de 30 cm x 30 cm y cinta adhesiva.

Su afectación es indirecta y grado de afectación moderado. Esto indica que, si el equipo no está calibrado, afectará en la contextura, espesores y homogeneidad de la pintura.

Experiencia del personal para la demarcación. La experiencia del personal juega un papel importante, ya que, en el proceso de demarcación, se deben tomar todas las precauciones de factores que pueden afectarla. El personal debe reconocer las horas óptimas para demarcar y reconocer errores, ya sean de producto o del equipo en el proceso de la demarcación.

Durante la aplicación de pinturas, el personal debe asegurar que esta siempre esté homogénea y sin aglutinamientos. Tampoco debe permitir la combinación de diferentes lotes de producto en el reservorio de carga del equipo.

El personal deberá realizar muestreos del material en los equipos de aplicación, deberá tomar una muestra de 1 L al cumplirse el primer 20 % y luego al 80 %, las cuales deberán cumplir con el apartado 6.2.1.4 de la norma INTE Q37 de INTECO (2014).

La experiencia del personal juega un papel importante, su afectación es directa, debido a que una mala manipulación, una mala práctica a la hora de medir espesores y realizar mal pruebas, genera falsos resultados, creando una incertidumbre con el rendimiento real del producto; su grado de afectación es moderado.

Tipo de marca vial. En la demarcación vial, algunas marcas están más expuestas al desgaste, por ejemplo, en una carretera con una geometría muy curva como la ruta 32, las líneas de centro y de borde están más expuestas al desgaste. Esto debido a que, al momento de realizar una maniobra de giro, la llanta someterá a fricción el tramo demarcado.

En comparación con las líneas de centro y algunos casos las líneas de borde de la calzada, tienden a presentar un desgaste precipitado en comparación con las figuras como flechas o líneas de parada.

Se considera que el tipo de marca vial tiene una afectación indirecta, no todos los tipos de marca son sometidos al mismo desgaste. Las marcas de centro y de borde son las más afectadas generalmente dependiendo de la geometría de la vía, por lo tanto, su grado de afectación es leve.

4.1.1.3. Posterior a la demarcación

Superficie de pavimento. Posterior a la demarcación, se debe llevar un monitoreo tanto de la demarcación como la superficie de pavimento. Un deterioro acelerado del pavimento o fallas en este puede afectar severamente la demarcación. Los deterioros superficiales, por ejemplo, bacheos, huecos expuestos, cuero de lagarto, pulverización, exudación y ahuellamientos pueden generar factores importantes que afectarán el rendimiento de la demarcación.

Un pavimento nuevo que presente ahuellamientos o cuero de lagarto a los meses de ser construido da entrada a agentes de oxidación del pavimento, como lo son el agua, polvo y rayos UV; esto genera la pérdida de reología y dará como resultado la fractura del pavimento. Por lo que contribuye a que el desempeño de la pintura utilizada en la demarcación no sea el esperado.

La superficie del pavimento tiene una afectación directa, debido a que una mala carpeta de pavimento tiende a desprender, filtrar agua y la humedad del pavimento tiende a ser mayor de lo normal. Debido a que una mala superficie de asfalto da un deterioro acelerado a la demarcación y vida útil del pavimento, por lo tanto, su grado de afectación es alto.

Temperatura del pavimento. Se debe verificar que la temperatura del ambiente y del pavimento concuerde con los requisitos del fabricante o proveedor. En caso de las pinturas de base agua y de base solvente, las temperaturas del pavimento y del aire deben estar en los 10 °C y los 40 °C.

Para aplicar la demarcación, las temperaturas del aire y del pavimento deben estar al menos 3 °C sobre el punto de rocío.

La presencia de humedad en el pavimento antes de aplicar la demarcación tiene un efecto negativo en la adhesión entre el pavimento y la demarcación. La humedad se puede medir de la siguiente manera:

Se utiliza un envoltorio de plástico, se deberá colocar una pieza de 30 cm x 30 cm usando una cinta adhesiva para fijar los bordes. Dejarlo reposar durante 15 minutos y luego revisar las gotas de humedad sobre la superficie del plástico.

Si las gotas tienen un diámetro mayor a 0,5 cm, indica que el pavimento tiene exceso de agua.

La humedad tiene una afectación directa, la presente en el pavimento produce burbujas en la película de pintura, provocando que la adherencia no sea la adecuada, por lo que su grado de afectación es directo.

Mantenimiento del pavimento. El mantenimiento del pavimento es un factor importante en el tema de la visibilidad; a lo largo de los años, se ha demostrado que las carreteras del país en su mayoría carecen de mantenimiento. En algunos casos, la demarcación vial horizontal no logra reflejar su desempeño, debido a que no se le da el mantenimiento necesario a la capa de rodamiento. En otros casos, este factor refleja una apariencia en la que no se logra identificar las líneas de demarcación, dado que están cubiertas por barro, polvo u otro agente que impide su visibilidad.

Se debe lavar la capa de rodamiento con un proceso que no sea abrasivo, ya que un proceso abrasivo puede desprender las microesferas de vidrio y perder efecto de retrorreflectividad. Además, el mantenimiento de los pavimentos debe llevar un análisis previo para la elección de materiales por utilizar; si es una capa de pavimento que se restaurará en unos meses, se utilizarán pinturas como material de demarcación.

Las carpetas de rodamiento deben ser intervenidas antes de producirse fallas en la vía con las que se vea afectado el sistema de señalización en el sitio.

Tránsito promedio diario. El tránsito promedio diario (TPD) se vuelve un factor importante en la demarcación vial horizontal, debido al tipo de vehículo que transite la zona, afectará directamente en el desempeño de la pintura.

El TPD somete a la demarcación vial a ciclos de carga y descarga. En este proceso, como se mencionó anteriormente, cuando ya la capa de rodamiento está deteriorada y pierde la capacidad de reología, la capa de rodamiento de un pavimento flexible se transforma en una especie de capa rígida, procederá a verse fracturada y se desprenderá con facilidad.

Las líneas de centro y de borde serán sometidas a la fricción de las ruedas, por lo tanto, en una zona donde el TPD sea dominado por vehículos pesados, la capa de pintura se desprenderá según se aplique la maniobra de viraje.

Ancho de carril. El ancho de carril es un factor directo con una afectación alta, debido a que, si el carril es angosto, la demarcación estará más expuesta a ciclos de carga y descarga. Las pinturas de base solvente utilizadas en la demarcación vial horizontal tienen menor rendimiento que un material termoplástico.

En Costa Rica, algunas carreteras no tienen el radio necesario en las curvas ni el ancho de carril ideal, por lo que se ven sometidas a un mayor desgaste por los vehículos que transiten.

Espesor de la marca. La medición de espesores en húmedo se aplica únicamente para pinturas líquidas. Se deben medir y registrar los espesores de línea una vez por cada kilómetro de extensión y deberá cumplir con lo establecido en la norma INTE Q46 (ver tabla 1). De ser menos distancia, se deberá acordar la medición entre el contratante, cliente, proveedor y aplicador.

Los espesores de las demarcaciones realizadas manualmente, como figuras, letras y números, deben asegurar la uniformidad de la aplicación, tanto de la demarcación como de las microesferas de vidrio.

Para medir el espesor húmedo, se necesita una placa de ensayo de acero sin recubrimiento, de 15 cm de largo, no más de 1,6 mm de espesor y de, al menos, 10 cm más ancha que la línea por ser aplicada, así como una galga de espesores húmedos. Para la medición del espesor, se debe proceder de la siguiente manera:

1. Fijar la placa de ensayo sobre el pavimento, delante de la máquina.
2. Cuando la boquilla de la máquina de pintar llega a la placa de ensayo, el operador debe interrumpir el flujo de microesferas de vidrio, pero seguir rociando el material de demarcación.
3. Medir el espesor con la galga de espesores húmedos. Se debe medir antes de que transcurran 15 segundos después de la aplicación y debe cumplir con el espesor correspondiente de la norma INTE Q46 (ver tabla 1).

4.1.2. Material termoplástico

4.1.2.1. Previo a la demarcación

Limpieza previa. Al igual que la limpieza previa a la demarcación en la que se utilizará pintura, se deberá aplicar el mismo procedimiento para cuando se utilice material termoplástico.

Antes del proceso de aplicación de los materiales de demarcación, se debe limpiar la superficie con alguno de los métodos recomendados por norma INTE Q46 (INTECO, 2017a). Se pueden utilizar los siguientes métodos: barrer la calzada o tramo a demarcar, lavar con aire presurizado o agua a presión. La superficie en donde se aplicará el material termoplástico debe estar libre de grasa, maleza, piedras sueltas o cualquier otro elemento que interfiera con la adhesión de la película del termoplástico sobre el pavimento.

La limpieza es una afectación directa en la aplicación del termoplástico, al ser un material que se funde a altas temperaturas, al secarse se obtiene un material sólido. Si la adherencia no es la adecuada, su rendimiento se verá afectado severamente en los primeros meses, por lo tanto, su grado de afectación es directa.

4.1.2.2. Durante la demarcación

Proceso de demarcación. Durante la aplicación del material termoplástico, se debe verificar que la temperatura de aplicación utilizada se encuentra dentro del rango indicado por el fabricante o proveedor del material termoplástico. El equipo de aplicación debe contar con un dispositivo para la medición de temperatura. Dicho dispositivo de medición debe ser calibrado y trazable a los rangos de uso.

La afectación del proceso de demarcación al utilizar material termoplástico se convierte en un factor con afectación directa; un mal control dará malos resultados y el producto no desarrollará su rendimiento como indica el fabricante; cuenta con un grado de afectación alto.

Experiencia del personal para la demarcación. El personal deberá contar con experiencia a la hora de aplicar el material termoplástico, deberá tener en cuenta los factores climáticos, debe realizar pruebas antes de iniciar con la demarcación.

Así mismo, debe realizar pruebas de humedad sobre la carpeta de rodamiento y aplicar su experiencia en la toma de decisión, si continuar con la demarcación o suspender el proceso.

Su afectación es directa, debido a que una mala experiencia del personal en la aplicación del material puede producir cambios en los espesores y en la consistencia de las líneas del material. Por lo tanto, su grado de afectación es moderado.

Tipo de marca vial. Como es sabido, no todas las marcas de una demarcación vial horizontal están expuestas al mismo desgaste; el material termoplástico da mayor rendimiento en todas las líneas, las líneas de centro y borde. Una ruta demarcada con este material dará mayor rendimiento por más de un año aproximadamente.

Debido a que no todas las marcas se ven afectadas a la vez, su afectación es indirecta y su grado moderado.

4.1.2.3. Posterior a la demarcación

Superficie de pavimento. El termoplástico es un material que se recomienda en pavimentos nuevos. Se deberá analizar su presupuesto y su ciclo de vía útil antes de aplicarlo en un pavimento viejo o que será intervenido en los próximos meses.

Se debe colocar un sellador cuando se vaya a aplicar material termoplástico en pavimentos de concreto hidráulico o pavimentos asfálticos viejos, para favorecer la adhesión. No es necesario utilizar sellador en pavimentos asfálticos que hayan sido colocados en un periodo menor a un año.

Para efectos de contraste en la vía, se utiliza un sellador color negro. Además, se considera que un pavimento asfáltico es viejo, cuando tiene más de un año de haber sido colocado.

Su grado de afectación es alto, debido a que su afectación es directa en el rendimiento. Al aplicar el material termoplástico en un pavimento viejo, sin sellador, su rendimiento no será lo esperado; en un pavimento rígido, sin sellador, su desempeño será lo esperado, pero su resultado no cumplirá con lo esperado en términos de visibilidad.

Temperatura del pavimento. Cuando se aplica termoplástico, la temperatura tiene un grado de afectación alto. Teniendo una afectación directa, debido a la alta temperatura de la capa asfáltica, el termoplástico deberá ser fundido a una menor temperatura.

Si el pavimento cuenta con una humedad alta, al aplicarse el termoplástico, dará un efecto de burbujas; si las burbujas tienden a ser de tamaño de cabeza de alfiler, se podrá continuar sin problemas; de ser más grande, se deberá suspender la obra.

Mantenimiento del pavimento. El pavimento debe ser intervenido constantemente para realizar limpiezas; en caso de la ruta 27, se le da mantenimiento continuo para tener el termoplástico en óptimas condiciones. Su afectación es directa, con un grado de afectación alto, debido a que una carretera sin mantenimiento y

demarcada con material termoplástico no se desarrollará correctamente. Se deberá tener un cronograma y dar seguimiento a las carreteras demarcadas en los últimos años.

Tránsito promedio diario. El material termoplástico está diseñado para vías de tránsito alto y pesado; en los últimos años, a nivel país se ha estado utilizando este material como principal en rutas principales, con el fin de garantizar su rendimiento, teniendo el factor del TPD.

El TPD es un factor de afectación directo, con un grado alto, característica principal para determinar el uso de material termoplástico en la demarcación de autopistas nuevas o de autopistas con un flujo alto de vehículos tanto livianos como pesados.

Ancho de carril. Cuando se demarca con material termoplástico, el ancho de carril es un factor que influye en las líneas o figuras en el tramo por ser sometidas a ciclos de carga y descarga, exponiéndolos a fricción. Este factor aplica cuando por vías angostas circulan vehículos pesados, entre otros.

Espesor de la marca. Para el material termoplástico, se debe aplicar sobre una placa de ensayo al menos 10 cm de material sin adición extra de microesferas, y realizar al menos tres mediciones con un micrómetro; una vez el material esté seco y frío, los tres puntos medidos deben cumplir con los espesores correspondientes.

El espesor del material termoplástico tiene influencia directa en la aplicación adicional de microesferas de vidrio, esto brindará una mayor retroreflectividad. Su grado de afectación es alto sobre el rendimiento de la demarcación.

Entorno de la vía. Su grado de afectación es alto, directo, se caracteriza por los factores que rodean la vía, como puede ser una carretera en medio de un bosque, por ejemplo, la ruta 32 o la ruta 27. Cuando llueve o existen otros factores ambientales como lo son derrumbes en la vía, cascadas que se forman mediante el exceso de lluvia o caída de árboles, afectan directamente el desempeño de la demarcación.

Materiales como el termoplástico tienen mayores características de resistencia en comparación con las pinturas base solvente y base agua. Sin embargo, este acontecimiento afecta directamente en el desempeño del material termoplástico.

4.2. Tramo de prueba

4.2.1. Inicio del tramo de prueba

Como objetivo general del tramo de prueba, se encuentra demostrar que, aplicando las normas y guías de buenas prácticas, se puede contribuir a lograr un mayor desempeño de la demarcación. Con este tramo se logró aplicar correctamente las recomendaciones que brinda la norma INTE Q46 de INTECO (2017a), se aplicaron sus respectivos ensayos en sitio, así como sus respectivas visitas de evaluación.

Figura 4. *Tramo de prueba*



El tramo de prueba se determinó en una ruta nacional, en la provincia de Limón, en la reapertura de la ruta 32. Se definió que el tramo cumple con los requisitos de alto tránsito y cuenta con condiciones climáticas complicadas, además de ser un proyecto de categoría élite; el tramo de prueba se realizó con pintura base solvente. Cuenta con 100 metros lineales continuos, línea de centro, figuras y línea de borde.

La limpieza previa se realiza con el método de barrido y lavado como indica la norma INTE Q46 de INTECO (2017a), se registró correctamente según indica la normativa. También se evaluaron los equipos por utilizar en la demarcación horizontal. Al ser un tramo de pavimento nuevo y de estructura flexible, no se vio la necesidad de colocar ningún tipo de sellador para garantizar la adhesión de película de pintura, ya que era un pavimento nuevo.

Antes de proceder con el *caleo*, se tomó en cuenta la norma cinco de la Guía de Buenas Prácticas, INTE Q46 (INTECO, 2017a). Si llegaron a existir fallas no atribuibles al contratista o al producto, la Administración en conjunto con los involucrados tomará una decisión alterna. Así mismo, se verificó que los equipos funcionaran correctamente con sus respectivas líneas de prueba y verificación visual de las salidas de pintura y de microesferas de vidrio.

Figura 5. Verificación de equipo. Parte 1.



Figura 6. Verificación de equipo. Parte 2



4.2.2. Demarcación del tramo de prueba

Al inicio de la demarcación, se midió correctamente la temperatura del ambiente y del pavimento, se comparó que fuera la correcta según el fabricante o cercana a la recomendada. Se iba verificando que la línea no se deformara ni presentara ninguna irregularidad durante el proceso. También, se tomaron fotografías y se monitoreó correctamente durante las semanas de vida útil del tramo.

4.2.3. Pruebas realizadas en sitio

En el proceso de demarcación, se realizaron las pruebas de espesores y de retrorreflectividad visual.

4.2.3.1. Prueba de espesores

Para medir el espesor húmedo, se utilizó una placa de ensayo de acero sin recubrimiento, de 15 cm de largo, no más de 1,6 mm de espesor y 10 cm más ancha que la línea por ser aplicada, así como una galga de espesores húmedos.

Tabla 2. *Espesores de película para la demarcación horizontal*

Tipo de pintura	Espesor de película de pintura húmeda mm (mils)		Espesor de película de pintura seca mm (mils)	
Base solvente	0,41 ± 0,04	(16 ± 2)	0,23 ± 0,04	(9 ± 2)
Base agua tipo I y II	0,41 ± 0,04	(16 ± 2)	0,23 ± 0,04	(9 ± 2)
Base agua tipo III	0,76 ± 0,04	(30 ± 2)	0,43 ± 0,04	(17 ± 2)
Termoplástico	N.A.	N.A.	2,25 ± 0,75	(88 ± 3)

Fuente: Norma INTE Q45 de INTECO (2017b).

Se fijó la placa utilizada en ensayo sobre el pavimento, delante de la máquina. Cuando la boquilla de la máquina de pintar llegó a la placa de ensayo, se le pidió al operador interrumpir el flujo de microesferas de vidrio, pero seguir rociando el material de demarcación. Se procedió a medir el espesor con la galga de espesores húmedos. Se midió antes de que transcurrieran 15 segundos después de la

aplicación y se verificó que el espesor fuera el correspondiente de material, que corresponde a la tabla 2.

Figura 7. Foto medición de ancho 10 cm



Figura 8. Foto medición con galgas



4.2.3.2. Revisión visual

Se hizo una inspección visual para verificar la uniformidad de las marcas, así como de las microesferas de vidrio. Se realizó su debida revisión para que las marcas, su ancho y espesor fueran los pactados con el contratista. Además, se llevó a cabo un seguimiento durante todo el proceso de demarcación vial horizontal. Una vez finalizada la obra, se llevó a cabo una inspección nocturna, con el fin de verificar que la pintura base solvente y las microesferas de vidrio realizaran su respectivo trabajo de reflectividad.

Figura 9. *Inspección visual nocturna*



4.2.4. Comparación de marcas viales

Se visitó varias veces el tramo de prueba para determinar el rendimiento de la pintura base solvente, al ser una ruta altamente transitada, se hizo una valoración de desgaste. En esta valoración, se utilizó la norma INTE Q216 (INTECO, 2021), que indica: “esta norma cubre la evaluación del grado de resistencia al desgaste que puede ocurrir con la demarcación en pavimentos en pruebas de carretera o en servicio real, utilizando patrones fotográficos” (p. 5).

Se puede observar en la fotografía del día 1 de la demarcación, la línea recién demarcada con sus esferas de vidrio correspondientes (ver figura 10).

Figura 10. Línea recién demarcada



Como valoración del desgaste, se tomó una fotografía en puntos críticos de la vía, donde, por criterio y con ayuda de la investigación, junto con los expertos, se determinó que es un sitio donde habrá mayor desgaste, por lo tanto, este punto se definió en final de curva, donde el TPD afecta directamente con el desgaste de las líneas.

Figura 11. *Línea de desgaste*



Se confirmó que la línea tiene un desgaste de un 80 %; comparado con la ficha técnica del producto utilizado, el tramo de prueba tuvo un rendimiento adecuado, utilizando la guía de buenas prácticas creada por el comité CTN 11-01 de INTECO.

4.3. Reunión de expertos

Junto con los miembros del comité CTN11-01 de INTECO, se realizaron entrevistas para determinar cuáles factores son los principales que afectan en forma directa e indirecta, además, cómo puede afectar la demarcación la falta de experiencia de los operarios en la misma. Junto con estas entrevistas, se pudo determinar cómo afectan los factores y de qué manera se ve perjudicado el desempeño del material o pintura utilizada.

4.3.1. Entrevista con el ingeniero Benjamín Sandino

En la entrevista con el ingeniero Benjamín Sandino, se habló sobre la importancia de los certificados de calidad del producto, sobre que, actualmente, a nivel país no siempre se aplican las normativas creadas por el comité, debido a que no son de carácter obligatorio.

Se discutió sobre cómo afectan los factores en las pinturas, así como en el material termoplástico. El termoplástico es un material que se está usando recientemente en el país, en las carreteras donde se ha utilizado ha cumplido con lo esperado, inspirando a que las obras que lleven su supervisión apliquen la normativa de INTECO para lograr el rendimiento y cumplir con los filtros de calidad de este.

Se discutió cómo afecta la pérdida de reología en el desempeño de la demarcación vial horizontal, tanto en la aplicación de pinturas como en la de material termoplástico. Además, con ayuda de esta entrevista, se determinaron factores importantes como lo son ancho de carril, entorno de la vía y tipo de carril.

B. Sandino (comunicación personal, 2021) indica que, cuando se habla de demarcación vial horizontal, muchas veces se cree que significa pasar pintura sobre la carretera, pero no siempre las personas que trabajan en las carreteras profundizan sobre la forma integral de construir una, lo cual inicia desde el movimiento de tierras hasta dejarla señalizada de forma horizontal y vertical.

En el tema horizontal, cuando se habla de demarcación, existe una logística particular y todo un control, pues no siempre se tiene conciencia de que la demarcación se puede considerar como un proyecto en sí, lo cual es totalmente lógico, debido a que cumple todos los requisitos de un proyecto, como costos, tiempos, un inicio y final, un fin específico, entre otras variables.

Cuando se habla de correcta demarcación vial, se está hablando al mismo tiempo de seguridad vial al usuario, porque la demarcación lo que dará es la indicación de por dónde andar, de dónde detenerse, dónde girar, entre otras.

Es importante identificar el tipo de tecnología para ser aplicada en el proyecto tomando en cuenta las condiciones climáticas, por ejemplo, no se recomienda aplicar pintura a base de agua durante el invierno, debido a que el material tendría en contra el entorno húmedo.

La superficie o carretera es un elemento sobre el que se pone la demarcación horizontal, una de las partes principales en el sistema. En cuanto a la superficie de ruedo, hay que tomar en cuenta un pavimento rígido o uno flexible; también la edad de este, un pavimento nuevo tiene menos de un año de ser construido. En estos, se recomienda usar el material termoplástico y así obtener el mejor desempeño.

Otro aspecto a considerar sobre los pavimentos flexibles viejos es la pérdida de la reología, esto afectando directamente nuestro desempeño ya que se ve acompañada por el desprendimiento de agregados, material o pintura aplicado en el tramo afectado, esta pérdida de reología se ve afectada principalmente por el tipo de tránsito predominante en la carretera.

En la ruta 32 es la ruta que más factores en contra de la demarcación vial horizontal se pueden localizar, esto debido a su tiempo atmosférico, tipo de tránsito predominante en la zona, entorno de la vía en donde este último es una de las principales afectaciones a la demarcación vial horizontal, provocando efectos abrasivos en épocas lluviosas entre otros.

4.3.2. Entrevista con el ingeniero y dueño de BELA Consultores (Alejandro Lapentti)

Esta entrevista se desarrolló de manera presencial, al ser uno de los principales colocadores del país; se conservaron temas de afectación directa como lo son el TPD, geometría de las carreteras y técnicas de aplicación en material termoplástico.

Según A. Lapentti (comunicación personal, 2021), un ejemplo donde la geometría de la carretera es un problema es en la ruta 32, en el tramo del cerro Zurquí, donde la geometría de esta obliga a los vehículos pesados a realizar maniobras de giro en los que se ve afectada la línea de centro y de borde.

El tránsito promedio diario, según su criterio, es el factor más determinante en el rendimiento de las pinturas base solvente y base agua.

Para la aplicación del material termoplástico, se deben tomar precauciones como la temperatura y la humedad del pavimento. El personal debe estar lo suficientemente capacitado para identificar si se puede continuar con su aplicación; se aplicarán una prueba y se deberá realizar una inspección visual durante la obra corroborando la aparición de burbujas. Por otra parte, la temperatura del pavimento determinará a qué temperatura se deberá fundir el material termoplástico, ya que, por el aumento en la temperatura, podría afectar su consistencia en la línea de la demarcación.

4.3.3. Entrevista con el ingeniero químico y presidente del comité de CTN 11-01 de INTECO (Fernando Ruiz)

En la entrevista con el ingeniero químico y presidente del comité CTN 11-01 de INTECO, se abordaron temas como la composición de las pinturas base agua, los materiales o pinturas utilizadas en la demarcación, el por qué en el país se han rechazado nuevas tecnologías para demarcación vial horizontal por falta de aplicar normas y prevenciones.

Según F. Ruiz (comunicación personal, 2021), las pinturas son un líquido o pasta, por lo general, son pigmentadas y normalmente son formuladas para aplicar en

capas delgadas sobre una superficie; al aplicarlas, se obtiene como resultado una película sólida y resistente. Con el paso de los años, las tecnologías fueron creciendo poco a poco, logrando las variedades de tipos de pintura con los que se cuenta hoy en día.

Pintar se ha vuelto indispensable hasta el día de hoy; en la demarcación vial, gracias a la pintura es posible transmitir un mensaje, advertencia o leyenda, resaltar zonas importantes en la vía o advertir peligros.

Las pinturas a base de agua son las que pueden ser diluidas o adelgazadas con agua. Hay muchos tipos, están basadas en dispersiones o emulsiones de resinas o en ingredientes que pueden reaccionar químicamente. Además, en la demarcación vial horizontal, ningún material o pintura reacciona químicamente con ningún factor externo, su mayor afectación es en la humedad de la capa asfáltica.

En Costa Rica, a pesar de que hoy en día se cuenta con una normativa que no es obligatoria, se ha demostrado que, en la mayoría de los proyectos de demarcación, no se acatan ni las normas más básicas ni se dan los mantenimientos mínimos, el cual es uno de los factores principales que afectan su rendimiento actual.

4.4 Análisis de Resultados

4.4.1. Revisión Bibliográfica

Se realizó un análisis de la normativa de nacional, con el fin de nutrir el conocimiento y utilizarlas como parámetros para verificar si hoy en día en los proyectos de demarcación vial horizontal están siendo utilizadas. Este análisis corresponde a las 93 normas que existen actualmente creadas por el comité CTN11-01 de INTECO. El presente trabajo de graduación final se enfocó en la guía de buenas practicas (INTEQ46) con la finalidad de evaluar la funcionalidad de esta en campo toda la información obtenida durante el proceso de análisis de las normas.

Al revisar reportes de lanammeUCR se logró observar que los mismos se enfocan mayor mente en la retroreflectividad de las marcas sobre el pavimento, lo que motivo este tema de investigación. Por cuanto la retroreflectividad corresponde a característica inherente de las microesferas de vidrio, producto utilizado para generar un efecto de luminosidad en la marca vial sobre el pavimento.

Se determina que el desempeño del producto está condicionado a efectos como la limpieza previa, estado del pavimento, condiciones climáticas, temperatura de la capa de rodamiento, entre otros.

De igual forma se logro determinar por medio de este análisis documental, que existen áreas muy específicas de análisis en el tema de demarcación vial horizontal el cual puede verse en el tipo de normas generadas por el comité CTN11-01 el cual define muy claramente dentro de los entregables, normativas para producto, calidad, guía de buenas prácticas. Donde esta última fue elaborada desde cero, y siendo la misma la primera guía de buenas prácticas a nivel de INTECO que engarza las normas de producto y de calidad. Fundamentada principalmente en la experiencia en el tema de demarcación vial horizontal de los expertos en esta área que conforman el comité CTN11-01 de INTECO. Así mismo este análisis documental se logró que la mayoría de la normativa trabaja de este comité, corresponde a

traducción y tropicalizaciones de normativas de otros países. Tales como normas ASTM, AASHTO.

4.4.2. Entrevistas con Expertos

Durante las entrevistas con los expertos en demarcación vial horizontal se pudo determinar durante el proceso trabajo de graduación final que en el país existe gran conocimiento técnico por parte de personas que representan diferentes sectores en el tema de la demarcación vial horizontal, por lo que a continuación se realiza un pequeño análisis de la información obtenida durante las entrevistas con los siguientes expertos del área de seguridad vial.

4.4.2.1. Entrevista con el Ingeniero Benjamín Sandino

Según indica el Ingeniero Sandino otro aspecto que afecta directamente al desempeño de la demarcación vial horizontal es la característica inherente del asfalto denominada reología, que corresponde a la pérdida de la capacidad de recuperación de la mezcla asfáltica al ser sometida al proceso de carga y descarga aplicada el T.PD predominante en la ruta, esta disminución en este factor (reología) implica la rigidez de la mezcla asfáltica como tal, misma que al ser sometida a carga y descarga genera agrietamientos (cueros de lagarto), desprendimientos de materiales, desprendimiento de agregados, oxidación acelerada del pavimento, baches, entre otros factores que afectan directamente el desempeño de la demarcación vial horizontal.

Con el Ingeniero Benjamín Sandino se realizó una entrevista de como la ruta 32 es una ruta complicada para la demarcación vial horizontal debido a su entorno geometría y las condiciones climáticas de la zona. Al ser una ruta que es transitada día a día por vehículos de carga pesada, la demarcación vial horizontal se ve afectada en su desempeño y durabilidad por el tipo carril, ancho de carril, condiciones del entorno de la vía.

4.4.2.2. Entrevista con el Ingeniero A.Lapentti

Con el Ingeniero A.Lapentti se pudo demostrar que su experiencia en la colocación del material termoplástico, material que se requiere ser fundido a más de 210°C para su aplicación.

El T.P.D junto con el tipo de carril, ancho de carril, radio giro no adecuados tienden a ser otros factores que afectan directamente el desempeño de la marca vial horizontal. Esto se debe al proceso de fricción al que se ve sometida la marca en el pavimento

También se comento de la importancia de un monitoreo previo a demarcar debido a que si la capa de rodamiento se encuentra con mucha humedad nos provocara burbujas con un diámetro mayor a la cabeza de un alfiler, lo que nos traería consecuencias de una mala adhesión del material termoplástico.

4.4.2.3. Entrevista con el Ingeniero F.Ruiz

Con el Ingeniero F.Ruiz se analizó la composición de las pinturas específicamente de pinturas, donde se hablo que su base química esta formada por (pigmentos, vehículos y de otra adicional que son las microesferas de vidrio.

Dentro de sus composiciones la pintura base solvente es óptima para zonas lluviosas con la necesidad que su proceso de secado sea más rápido que su similar la pintura a base de agua, sin embargo, por su composición su rendimiento es menor.

La pintura a base agua ofrece un mayor desempeño de duración, pero no se puede utilizar en zonas de que se ven afectadas por constantes lluvias, como lo es la ruta 32.

4.4.2. Matriz

Al realizar el análisis de la matriz con los principales factores, que se lograron identificar mediante las entrevistas y revisiones bibliográficas se logró identificar cuales factores afectan de manera directa y su grado de afectación si es indirecto o directo, lo que nos ayuda a identificar con mayor facilidad las fallas que puede presentar el producto a lo largo de su vida útil. Esta matriz fue presentada al vicepresidente del comité CTN11-01 de INTECO, en donde se presentará al comité en el momento oportuno para la creación de nuevas normas para el desempeño del material termoplástico y base solvente.

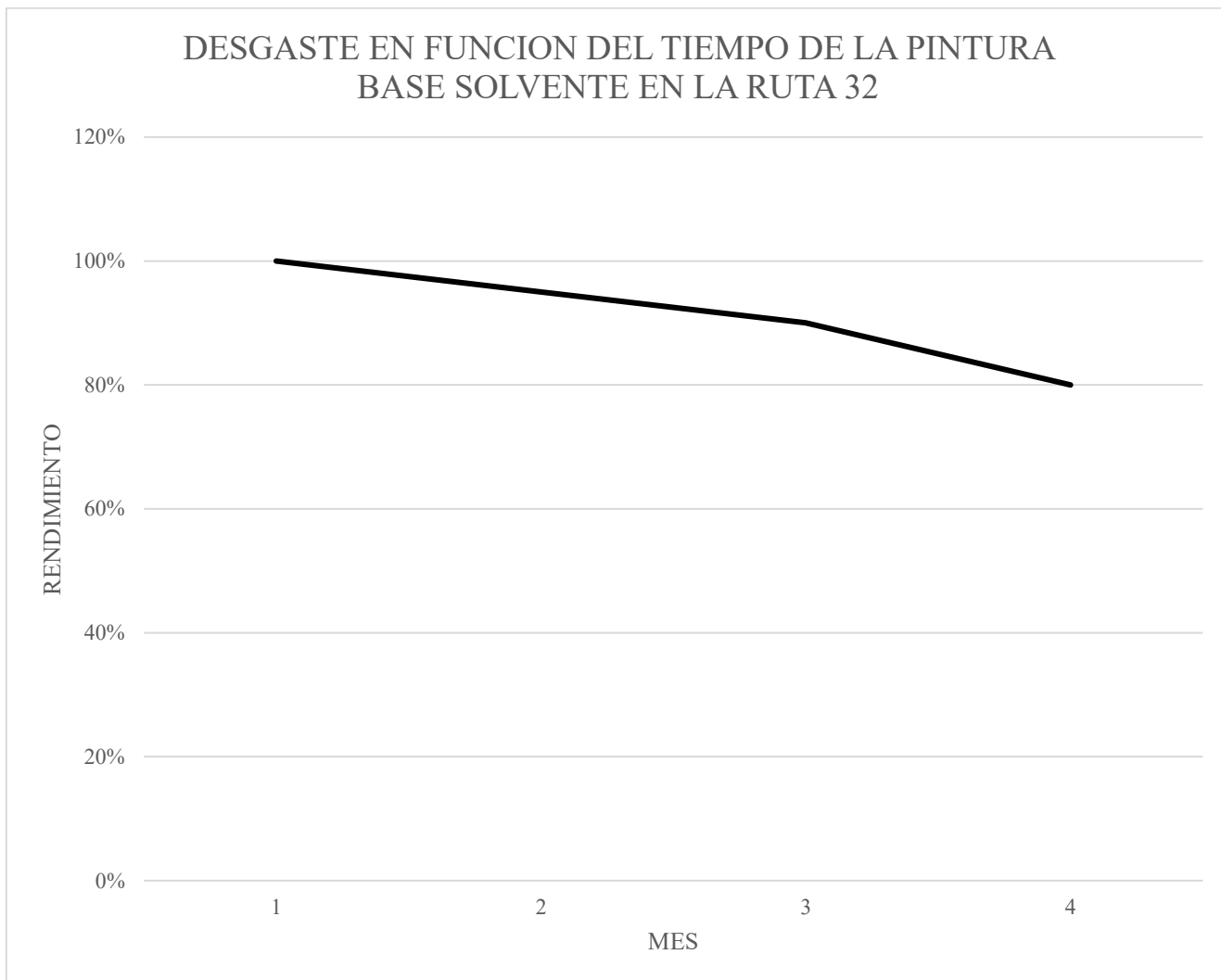
Al analizar la matriz podemos encontrar descripciones que emplean el criterio de cada punto, dando mayor claridad a la hora de realizar un análisis visual de campo sobre el desempeño del producto (material termoplástico, pintura base solvente). El objetivo principal de la matriz fue hacer un conjunto de todos los factores posibles para aplicarlos en el campo y analizar un antes durante y después del tramo a analizar, ya sea para dar un mantenimiento o un tramo futuro a demarcar abarcando factores contemplados tanto en la experiencia de los colocadores como en la normativa.

Tramo de prueba

Al realizar el tramo de prueba se analizaron todos los factores posibles que podían afectar el tramo, como lo son el T.P.D, ancho de carril, factores climáticos, entrono de la vía (inundaciones frecuentes), se logró obtener un resultado positivo en comparación al tiempo de vida útil que nos informa la ficha técnica del producto.

Se analizaron los equipos utilizados para su aplicación, con respecto a su velocidad de aplicación y porciones de microesferas de vidrio.

Al realizar las pruebas de visibilidad, espesor de marca y ancho de la línea, se aseguró que la demarcación se comportara de manera eficiente durante su aplicación, en su documentación la temperatura y carpeta de rodamiento estaban en optimas condiciones para lograr ser demarcadas.

Gráfico 1

En el tramo de prueba, se observó que las líneas centrales del proyecto obtuvieron un desgaste de un 20%, con rendimiento de 80% en una de las carreteras mayor transitadas del país, a continuación, se expondrá una gráfica con la cual se midió el rendimiento de las líneas centrales.

Analizando el gráfico de desgaste en función del tiempo de la ruta 32, se logró analizar que con un control deseado, siguiendo lo que nos indica la guía de buenas prácticas, se puede lograr obtener el mejor desempeño del producto, que

a pesar a ser un tramo sometido a constantes ciclos de carga y descarga, se puede decir que en algunos tramos el carril se vuelve angosto, por lo que la marca sobre el pavimento también se ve afectada por la fricción de las ruedas.

Se puede asegurar que mediante un buen control previo, durante y después de la aplicación se puede asegurar el rendimiento de la pintura o material utilizado para realizar una demarcación vial horizontal.

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Por medio de la matriz realizada en el capítulo número 4 se califica el grado de afectación de los aspectos a valorar. En esta matriz amplia los factores que comúnmente se mencionan en las normativas a nivel nacional. En donde se le logra dar una calificación a cada factor. En factores a valorar en la sección de antes se encuentra la limpieza previa donde afirma que su manera de afectación es directa con un grado alto, debido a que una mala aplicación de la misa nos puede generar problemas de adhesión y fallos en la toma de pruebas de humedad. El proceso de demarcación tiene una afectación directa con un grado de afectación alta, ya que se deben tener los equipos en funciones óptimas con sus debidos controles, si son hechos en Costa Rica o comprados, para contar con un adecuado funcionamiento. El equipo de demarcación tiene una afectación directa con un grado moderado, ya que una mala calibración del equipo nos puede ofrecer una mala consistencia de la línea, falta de espesor continuo entre otros. La experiencia del personal para la demarcación afecta de manera directa y de grado moderado, debido que la falta de experiencia del personal puede pasar por alto factores importantes a la hora de demarcar como lo son temperatura para aplicar el termoplástico, recarga de los tanques de pintura, entre otros. El tipo de marca vial afecta de manera directa con una afectación moderada, ya que no todas las marcas se ven afectadas con los mismos factores y no todas son sometidas al mismo desgaste. Posterior a la demarcación se tienen definidos los siguientes factores, Superficie del pavimento, afecta de manera indirecta de manera moderada, debido a que dependiendo de su estado se le brindara su respectivo análisis para demarcar de manera inteligente y económica. La temperatura del pavimento afecta de manera directa con un grado de afectación alto, debido a que el calor al que es sometido el material o pintura para la aplicación de este puede generar que la humedad se evapora provocando burbujas en la marca del pavimento o en otros casos la perdida de consistencia. El mantenimiento del pavimento tiene una afectación directa con un grado alto, debido a que una marca de pavimento sin recibir limpieza y mantenimiento adecuado

provoca que su desempeño no sea aprovechado al 100%. El tránsito promedio diario, ancho de carril y tipo de carril son factores que comparten cualidades similares, por lo que su calificación es directa y con un grado alto, debido a que el alto tránsito de vehículos pesados en un carril angosto provoca que la marca sobre el pavimento este en constantes repeticiones de carga y descarga, al igual que el tipo de carril ya sea reversible o común. El entorno de la vía es un factor de afectación directa con un grado alto, debido a que los factores que rodean la vía pueden provocar desprendimiento de material realizando un proceso abrasivo de las marcas o desprendimiento de las mismas.

Si tomamos las medidas de realizar un monitoreo adecuado para determinar el material o pintura adecuado para la zona a demarcar, La buena planificación de un proyecto conlleva un adecuado inventario de necesidades, un detallado informe de las condiciones de la carretera y las unidades en control, así como otros puntos importantes. Se debe evitar el gasto innecesario, realizar una inspección de calidad y demostrar que los procesos son correctos, además, que el producto dado se desempeñe de una manera eficiente. Se debe realizar una medición de humedad en el sitio, verificar que tipo de carpeta va a ser demarcada, dependiendo del material o pintura a utilizar si amerita de un sello para su contraste o mayor adhesión, una limpieza adecuada para el tipo de carpeta a demarcar, se logra una adhesión deseada, asegurando que el desempeño del producto en términos de adhesión a la carpeta de rodamiento sería el esperado al realizar un proyecto de demarcación vial horizontal.

Previo a la demarcación del tramo de prueba se realizó mediante la guía de buenas prácticas con los controles necesarios previos a la demarcación de este. Una limpieza previa para asegurar que la carpeta esté libre de partículas de polvo o piedras de agregado sueltas, se procedió a la práctica para determinar la humedad de la carpeta de rodamiento para asegurar la adhesión de la pintura base solvente utilizada. Se realizaron las respectivas verificaciones de los equipos para evitar imperfecciones al aplicar la pintura, al igual del seguimiento por parte del inspector y personal del contratista, asegurando que la línea sea continua y mantenga la

consistencia de la misma. Durante este proceso se realizaron las pruebas de medición de espesor y de ancho de la marca de pavimento. Verificando que se encuentren dentro del rango según la tabla 2 de la guía de buenas prácticas.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda identificar el tipo de tecnología adecuado para aplicar en el proyecto tomando en cuenta condiciones climáticas.
- No se debe aplicar pintura base agua durante el invierno, debido a que el material tendría en contra el entorno húmedo.
- Se propone aplicar de manera obligatoria la normativa de INTECO, hecha por el comité CTN 11-01, para garantizar un buen desempeño en la demarcación vial horizontal.
- No se deben ignorar las condiciones de la carretera, antes de demarcar , es necesario contar con conocimiento de las condiciones previas y actuales de la construcción, también del estado del pavimento.
- Se debe tener conocimiento amplio de los materiales por utilizar en la demarcación.
- No se deben mezclar normativas ni reglamentos, ya que cada uno tiene sus parámetros diferentes.
- Se recomienda tener un personal capacitado para evitar muchos de los errores en obra pasan desapercibidos por la falta de capacidad y experiencia de los inspectores.
- Se recomienda identificar los problemas en deterioro del pavimento, así como contar con un diagnóstico real del estado de la carretera.

Referencias

- Autoescuela Virtual. (s.f.). *La línea de borde de la calzada*. Mialojamiento. Recuperado el 30 de diciembre de 2021 de <http://www.s551963162.mialojamiento.es/AE/tests/B/2876>
- Hierro, B. (3 de junio de 2013). *Disfrutar de tu bicicleta con inteligencia*. BlogSpot. Recuperado el 30 de diciembre de 2021 de <http://beatrizhierroef3.blogspot.com/2013/06/disifuta-de-tu-bicicleta-con.html>
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). (2014). *INTE Q37:2014: Muestreo de pinturas líquidas y recubrimientos pigmentados relacionados*. https://www.inteco.org/en_US/shop/inte-q37-2014-muestreo-de-pinturas-liquidas-y-recubrimientos-pigmentados-relacionados-38#attr=
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). (2017a). *INTE Q46:2017/Enm 1:2018: Guía de buenas prácticas para la demarcación vial horizontal*. <https://www.inteco.org/shop/inte-q46-2017-enm-1-2018-guia-de-buenas-practicas-para-la-demarcacion-vial-horizontal-837>
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). (2017b). *INTE Q45:2017: Micro esferas de vidrio utilizadas en pinturas de tráfico. Requisitos*. https://www.inteco.org/en_US/shop/inte-q45-2017-micro-esferas-de-vidrio-utilizadas-en-pinturas-de-trafico-requisitos-69#attr=
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). (2017c). *INTE Q44-2:2017: Pintura base solvente para señalamiento horizontal. Requisitos*. https://www.inteco.org/en_US/shop/inte-q44-2-2017-pintura-base-solvente-para-senalamiento-horizontal-requisitos-4#attr=
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). (2019). *INTE Q44-1:2019: Pintura base agua para demarcación horizontal. Requisitos*. https://www.inteco.org/en_US/shop/inte-q44-1-2019-pintura-base-agua-para-demarcacion-horizontal-requisitos-5575#attr=
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). *PN INTE Q216:2021 voto nivel 1: Evaluación del grado de desgaste de la línea de demarcación en pavimentos*. INTECO.

Anexo 1. Fotografías adicionales

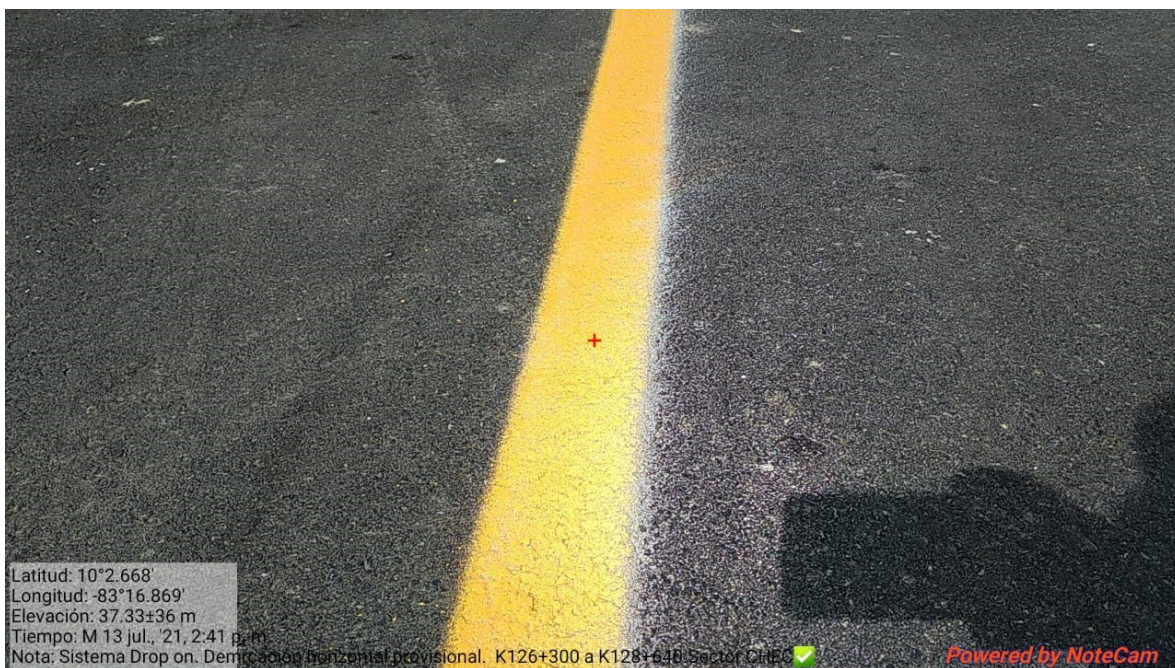


















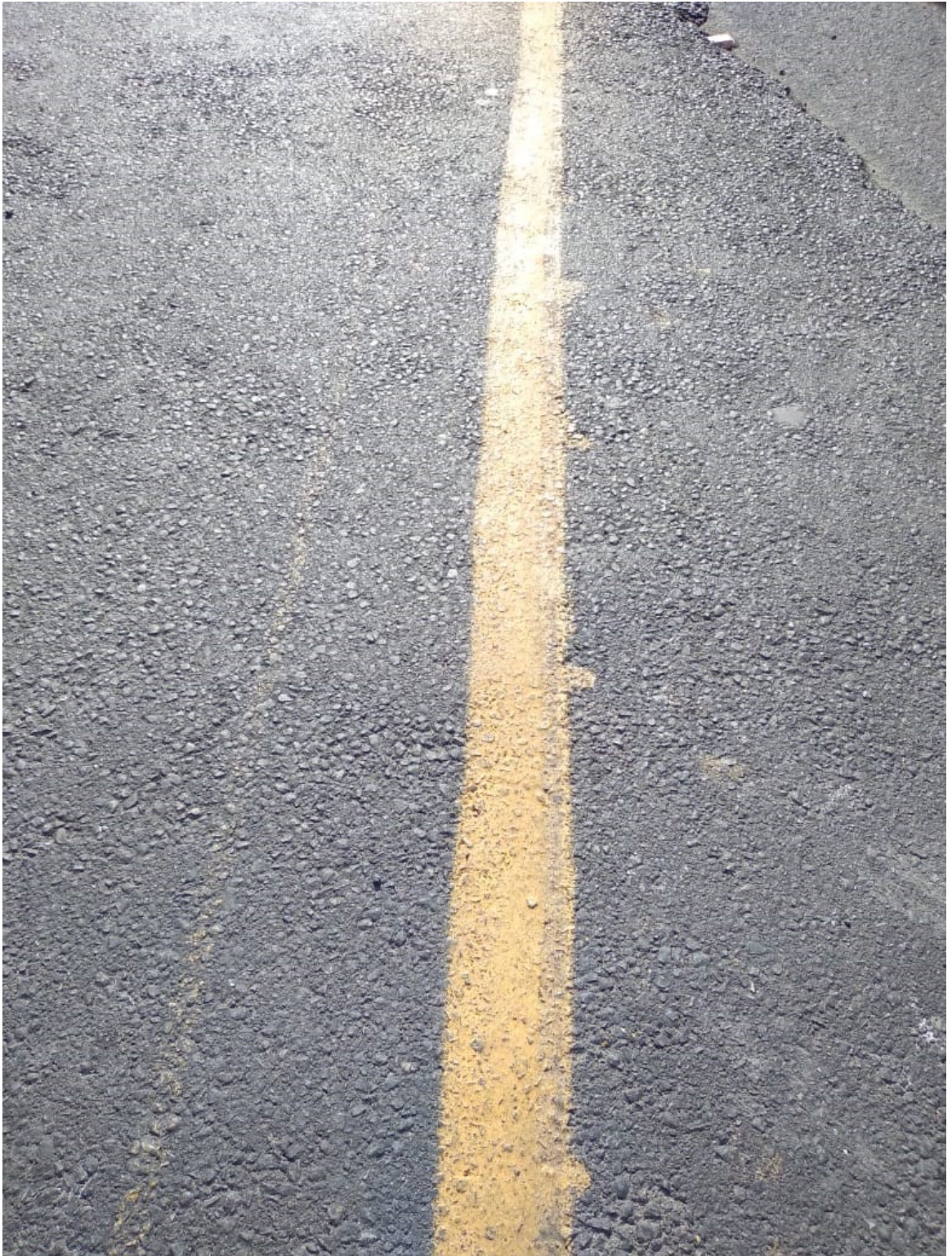
Latitud: 10°2.597'
Longitud: -83°16.633'
Elevación: 19.3±3 m
Tiempo: M 13 jul., '21, 2:48 p.m.
Nota: Retroreflección. Demarcación horizontal provisional: K126+300 a K128+640 Sector CHEC.

Powered by NoteCam













Latitud: 10°2.662'
Longitud: -83°16.828'
Elevación: 18.99±3 m
Tiempo: M 13 jul., '21, 6:29 p.m.

Nota: Demarcación horizontal provisional. Hora nocturna K126+300 a K128+640. Sector CHEC

Powered by NoteCam



Anexo 2. Ficha técnica de pintura solvente



COMERCIAL MEXICANA DE PINTURAS SA DE CV

MARCOS ACHAR LOBATON 6 TEPEXPAN
ACOLMAN ESTADO DE MÉXICO
MÉXICO

CP: 55885 Teléfono: 0155 16 69 14 00

Fecha de Emisión: 13/07/2021

Informe de Resultados de Análisis

Cliente:
Artículo: PINTURA TRAFICO SEC RAP BS AMA
Código de Artículo: 19A0206829
Numero de Lote: 2101TAU01146
No. De Partida de Envasado: 6071153
Fecha de Fabricación: 17/01/2021
Fecha de Caducidad: 17/01/2023

Prueba	Especificación	UDM	Resultado	Método
Apariencia	PP		PP	IP-D 2090a
Grado de Dispersion	3-7	hegman	3	IP-D 1210.
Densidad	1.4-2	g/ml	1.466	IP-D 1475
Tiempo de secado al tacto	5-30	min	20	IP-D 1640
Color en producto della E	0-4	Adimensional	3.77	IP-D 2244
Solidos totales	69.5-100	pct	73.09	IP-D 2369
Viscosity stormer KU	72-75	KU	75	IP-D 562
Tiempo de secado duro para trafico	0-30	min	30	IP-D 711
Relacion de contraste	97-100	Adimensional	98.29	IP-E 1331

Atentamente

Ing. Marco Antonio González León
 Control de Calidad


**FABRICACIÓN Y APLICACIÓN
DE PINTURAS ESPECIALES S.A.**

- Diseño y producción de Pinturas de señalización vial
- Design and production of Road marking materials

www.fapalisa.es



c/ Paloma, 13, P. I. Los Gallegos, 28946 Fuenlabrada (Madrid) ESPAÑA / SPAIN – ☎ : +34-916-424-600 – 📠 : +34-916-422-327

INFORMACIÓN TÉCNICA DE PRODUCTO

23 de diciembre de 2015

REFERENCIA : S-9220

MATERIAL : ECHOSTAR 20 TRM – MICROESFERA DE VIDRIO

Esta microesfera cumple la norma europea **EN 1423/A1**, ostenta marcado **CE** y se utiliza, en combinación con pinturas de señalización vial, para componer marcas viales que satisfacen los requisitos de la norma europea **EN 1436**.

NATURALEZA <ul style="list-style-type: none"> Microesfera de vidrio (silícico-sódico-cálcico), con índice de refracción bajo, para señalización vial. Tratamiento de adherencia específico para termoplásticos en caliente y granulometría entre 125 y 1.180 micras. 	ÁMBITO DE USO Y DOSIFICACIÓN <ul style="list-style-type: none"> Microesfera de posadición sobre termoplásticos en caliente, para retrorreflexión mejorada. Utilizar la cantidad de pintura y de microesfera de vidrio indicada en pliego o especificación o en la información técnica del material base.
PRESENTACIÓN Y CONSERVACIÓN <ul style="list-style-type: none"> ECHOSTAR 20 TRM Saco de plástico de 25 kg Palé con 40 sacos = 1.000 kg (peso bruto 1.020 kg) Proteger de la intemperie, especialmente del agua y la humedad. 	EXPEDICIÓN <ul style="list-style-type: none"> Mercancía no peligrosa para el transporte Partida estadística aduanera: Código TARIC 7018.20.00

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

PROPIEDAD	ESPECIFICACIÓN		
1. Granulometría	abertura nominal del tamiz 1400 µ 1180 µ 1000 µ 850 µ 600 µ 355 µ 212 µ 125 µ	cantidad retenida acumulada 0 – 2 % 0 – 10 % 0 – 20 % 10 – 30 % 20 – 60 % 50 – 90 % 70 – 100 % 95 – 100 %	
2. Esfericidad	Fracción hasta 1.000 µ Proporción de microesferas defectuosas	≤ 20 %	
3. Tratamiento superficial	Tratamiento de adherencia para termoplásticos en caliente		
4. Índice de refracción	Clase A : I.R. ≥ 1,5		
5. Resistencia a agentes químicos	Resistencia al agua (H ₂ O) Resistencia al ácido (HCl) Resistencia a la sal (CaCl ₂) Resistencia al sulfuro (Na ₂ S)	sin alteración superficial sin alteración superficial sin alteración superficial sin oscurecimiento	

La presente información técnica no supone garantía del comportamiento del producto una vez aplicado.

Corresponde al usuario determinar si esta información resulta satisfactoria para su caso particular, así como comprobar que el producto es adecuado al uso que se pretende.

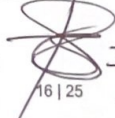
Anexo 3. Lista de chequeo diario

INTE Q46.2017/Enm 1:2018

ANEXO B (Informativo)

LISTA DE CHEQUEO DIARIO PINTURA BASE AGUA Y BASE SOLVENTE

Datos generales			
Nombre del proyecto: <i>Reapertura de la Ruta 32</i>		N° de Ruta: <i>32</i>	
¿Se cuenta con los planos de proyecto? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		N° de Reporte: <i>---</i>	
Inicio del tramo a demarcar			
Fecha: <i>13 de Julio - 2021</i>		Hora de inicio: <i>2:00 pm</i>	
Sección de control: <i>tramo de reapertura</i>			
Provincia:	<input type="checkbox"/> San José <input type="checkbox"/> Alajuela <input type="checkbox"/> Cartago <input type="checkbox"/> Heredia <input type="checkbox"/> Guanacaste <input type="checkbox"/> Puntarenas <input checked="" type="checkbox"/> Limón		
Cantón:	<i>Sarapiquí</i>	Distrito:	<i>Pococi</i>
Final del tramo a demarcar			
Fecha: <i>13 de Julio - 2021</i>		Hora de finalización: <i>3:30 pm</i>	
Sección de control: <i>Tramo de reapertura</i>			
Provincia:	<input type="checkbox"/> San José <input type="checkbox"/> Alajuela <input type="checkbox"/> Cartago <input type="checkbox"/> Heredia <input type="checkbox"/> Guanacaste <input type="checkbox"/> Puntarenas <input checked="" type="checkbox"/> Limón		
Cantón:	<i>Sarapiquí</i>	Distrito:	<i>Pococi</i>
INSPECCIONES ANTES DE LA APLICACIÓN			
1. Cumple con el plan de control temporal de manejo de tránsito aprobado: <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No			
Condiciones climáticas			
2. Rango de temperatura del aire especificado por el fabricante: <i>16</i> °C mínima y <i>40</i> °C máxima			
3. Rango de temperatura del pavimento especificado por el fabricante: <i>10</i> °C mínima y <i>40</i> °C máxima			
4. Temperatura actual del aire: <i>29</i> °C Humedad relativa del aire: <i>48</i> %			

Benjamín Daudino González  IC
16 | 25 15121

5. Temperatura del pavimento: 15 °C Temperatura de punto de rocío: 20 °C
6. ¿Está la temperatura del aire y del sustrato 3°C por encima de la temperatura de punto de rocío? Sí No
7. ¿Se midió la humedad del pavimento usando el método del envoltorio plástico?
 Sí, reportar el diámetro de las gotas: 0,03 cm No

Condiciones del pavimento

8. ¿Cuál es el tipo de pavimento? Asfalto Concreto Tratamiento Superficial
9. Condición del pavimento: Nuevo (un año o menos) Envejecido

Complete el siguiente cuadro con sus observaciones:

Característica	Flexible (Asfalto o Tratamiento superficial)	Rígido (Concreto)
Grietas	<input type="checkbox"/> Grietas	<input type="checkbox"/> Grietas
Deformaciones	<input type="checkbox"/> Roderas <input type="checkbox"/> Desplazamiento <input type="checkbox"/> Hundimiento	<input type="checkbox"/> Deficiencias del sellado <input type="checkbox"/> Juntas fracturadas
Textura superficial	<input type="checkbox"/> Pulimento de agregados <input type="checkbox"/> Exudación <input type="checkbox"/> Desprendimiento de agregados	<input type="checkbox"/> Pulimento de los agregados <input type="checkbox"/> Desprendimiento de agregados
Misceláneos	<input type="checkbox"/> Huecos <input type="checkbox"/> Bacheo <input type="checkbox"/> Cruce de línea férrea	<input type="checkbox"/> Sangrado de agua <input type="checkbox"/> Cruce de línea férrea

Observaciones: *No cuenta con ninguna de las características mencionadas*

Preparación de la superficie

10. ¿Se limpió la superficie del pavimento de toda maleza, grasa, piedras sueltas o cualquier otro elemento que interfiera con la adhesión, antes de la aplicación de la demarcación? Sí No
11. Método empleado para la limpieza de la superficie a demarcar:
 Aire a presión Barredoras Agua a presión Otro: _____
12. ¿La superficie tiene algún tipo de demarcación existente? Sí No
13. En caso de que existan, describa las condiciones:

14. Si el pavimento tenía demarcación existente que ya no sea necesaria, que vaya a confundir a los usuarios o que presente problemas de adherencia, ¿se removieron las marcas más antiguas y las que ya no son necesarias? Sí No
15. ¿Con qué método se removieron las marcas? Esmerilado Otro: _____
16. ¿Se limpió la superficie después de remover las marcas? Sí No
17. ¿La carretera está seca? Sí No

Predemarcación (caleo)	
18. ¿Se realizó pre-demarcación en el pavimento?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
19. ¿Se revisó la coincidencia entre los planos y la realidad?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
20. En caso de hacerse algún cambio diseño, ¿fue presentado por escrito?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> NA
21. ¿Se utilizaron puntos de control para la predemarcación?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
22. ¿Se aceptó la predemarcación por parte del ingeniero del proyecto?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Materiales y equipos para la demarcación	
23. ¿Se cuenta con la evidencia que los materiales cumplen con los requisitos establecidos en las normas INTE 11-02-01 Parte I y II (pinturas base agua y solvente) e INTE Q45 (microesferas)?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
24. ¿Se cuenta con un certificado emitido por un ente acreditado que valide el cumplimiento de las normas anteriores?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
25. ¿El equipo se encuentra totalmente limpio y libre de residuos?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
26. ¿Se filtró la pintura con malla de 60-80 micrómetros antes de colocarla en el tanque?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
27. ¿Cuál es la velocidad del equipo de aplicación utilizado?	<u>NA</u>
28. ¿Se aplica el plan ambiental de manejo de residuos para evitar la contaminación?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No, explique: _____
Salud y seguridad ocupacional	
29. Los trabajadores obedecen el uso del equipo de protección personal:	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
30. ¿Cuenta el contratista con un plan de salud y seguridad ocupacional?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
INSPECCIONES DURANTE LA APLICACIÓN	
Inspección de los materiales	
31. ¿Está la pintura siempre homogénea durante la aplicación?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
32. ¿Se toman las muestras según la normativa?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Espesores	
33. ¿Se revisan los espesores húmedos al menos una vez cada kilómetro?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
34. ¿Se revisan los espesores secos al menos una vez cada kilómetro?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
35. ¿Se emplea el método establecido para la medición de espesor húmedo y en seco?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
36. En caso de usar disolvente, ¿se agregó lo sugerido por el fabricante?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <u>NA</u>
Dimensiones	
37. ¿Se cumple con las dimensiones de la demarcación establecidas en planos?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Color	

38. ¿Mantiene la pintura el color durante el día y la noche? <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
39. ¿Se mantiene el color después de exposición a las condiciones del clima y tráfico? <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Microesferas de vidrio	
40. ¿Se aplican mediante el método que corresponde según el material? <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
41. ¿Cuánta cantidad de microesfera de vidrio se dosificó (drop-on)? <u>0,30 y 0,02 Kg/m²</u>	
Inspección visual	
42. ¿Se verifica la uniformidad de las marcas de forma visual? <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
INSPECCIONES DESPUÉS DE LA APLICACIÓN	
Limpieza final de la zona de trabajo	
43. ¿Se entrega la zona de trabajo libre de materiales sobrantes, derrames o cualquier tipo de basura generada por el proyecto? <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Tiempo para apertura al tránsito	
44. ¿Cuál fue el tiempo acordado para la apertura al tránsito? _____	
45. ¿Se permitió la apertura al tránsito posterior al tiempo acordado? <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
46. ¿El tiempo establecido para la apertura al tránsito fue adecuado? <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Retroreflectividad	
47. ¿Se realizaron y se registraron mediciones de retroreflectividad entre los primeros 7 y 14 días posteriores a la aplicación? <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Documentación de campo	
48. ¿Cuentan ambas partes con una bitácora específica para la demarcación vial? <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
49. ¿La bitácora corresponde a la suministrada por el CFIA? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
50. El reporte diario incluye:	
<input checked="" type="checkbox"/> Fecha	<input checked="" type="checkbox"/> Sección de control en mantenimiento
<input checked="" type="checkbox"/> Firma del supervisor	<input checked="" type="checkbox"/> Firma del inspector
<input checked="" type="checkbox"/> Carreteras inspeccionadas	<input checked="" type="checkbox"/> Documentación requerida
<input checked="" type="checkbox"/> Cantidades pagadas	<input type="checkbox"/> Acciones tomadas de inmediato
<input type="checkbox"/> Futuras acciones necesarias	<input type="checkbox"/> Comentarios
<input checked="" type="checkbox"/> Aspectos de importancia encontrados por el inspector	