



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**SEÑALIZACIÓN EN EL PAVIMENTO PARA EL CONTROL DEL
TRÁNSITO Y DEMARCACIÓN DE ISLAS**

BYRON FERNANDO DE LEÓN MUÑOZ

ASESORADO POR

ING. ADOLFO RODAS MERLOS

GUATEMALA, MAYO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

SEÑALIZACIÓN EN EL PAVIMENTO PARA EL CONTROL DEL
TRÁNSITO Y DEMARCACIÓN DE ISLAS

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

BYRON FERNANDO DE LEÓN MUÑOZ

ASESORADO POR
ING. ADOLFO RODAS MERLOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Ing. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Sergio Vinicio Castañeda
EXAMINADOR	Ing. Ronald Galindo Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Beber Aceituno
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

SEÑALIZACIÓN EN EL PAVIMENTO PARA EL CONTROL DEL
TRÁNSITO Y DEMARCACIÓN DE ISLAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 15 de octubre de 2004

Br. Byron Fernando de León Muñoz

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	VIII
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV

1 CRITERIOS TÉCNICOS, BÁSICOS

1.1	Propósito de los dispositivos de control de tránsito	1
1.2	Requisitos que deben cumplir los dispositivos.....	1
1.2.1	Diseño.....	2
1.2.2	Localización	2
1.2.3	Uniformidad.....	3
1.2.4	Mantenimiento.....	3
1.3	Clasificación de los dispositivos de control de tránsito.....	3
1.4	Código de colores	4

2 DEMARCACIÓN EN EL PAVIMENTO

2.1	Aspectos generales.....	5
2.1.1	Definición	5
2.1.2	Funciones.....	5
2.1.3	Limitaciones	5

2.1.4	Uniformidad	6
2.1.5	Clasificación.....	6
2.1.6	Materiales	7
2.1.7	Colores	7
2.1.8	Líneas longitudinales	8
2.1.9	Marcas transversales.....	9
2.1.10	Marcas incrustadas en el pavimento	9
2.2	Demarcación de pavimentos y bordes de pavimentos	9
2.2.1	Líneas centrales de sentido de circulación	9
2.2.2	Líneas de carril	11
2.2.3	Demarcación de zonas de adelantamiento prohibido ...	12
2.2.4	Líneas de borde de pavimento	13
2.2.5	Transiciones en el ancho del pavimento.....	14
2.2.6	Líneas de canalización	15
2.2.7	Demarcación de aproximaciones a obstáculos.....	18
2.2.8	Captaluces.....	20
2.2.9	Líneas de giro y flechas direccionales	21
2.2.10	Líneas de parada.....	22
2.2.11	Líneas de pasos peatonales	22
2.2.12	Aproximaciones a cruces de ferrocarril.....	24
2.2.13	Demarcación de zonas para estacionar.....	25
2.2.14	Palabras y símbolos demarcados en el pavimento.....	26
2.2.15	Demarcaciones que controlan el uso de carriles	27
2.2.16	Reductores de velocidad	30
	2.2.16.1 Cono visual.....	30
	2.2.16.2 Severidad de impacto.....	31
	2.2.16.3 Distancia de frenado.....	31
2.3	Demarcación para restringir estacionamiento	36

3 DEMARCACIÓN DE ISLAS EN EL PAVIMENTO

3.1	Aspectos generales.....	37
3.1.1	Definición	37
3.1.2	Clasificación.....	37
3.1.3	Islas de refugio de peatones	38
3.1.4	Islas para división del tránsito	38
3.1.5	Islas para la canalización del tránsito.....	39
3.2	Diseño.....	39
3.2.1	Elementos de diseño.....	39
3.2.1.1	Islas de refugio de peatones.....	39
3.2.1.2	Islas para división de tráfico.....	40
3.2.1.3	Islas para canalización de tráfico.....	40
3.2.2	Tamaño y forma	42
3.2.3	Delimitación.....	42
3.2.3.1	Delimitación por medio de bordillos	42
3.2.3.2	Delimitación por medio de marcas.....	43
3.2.3.3	Delimitación por contraste de materiales	43
3.3	Iluminación y reflectorización	44
3.4	Señales auxiliares	44
3.5	Demarcación	45

4 NORMAS Y ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

4.1	Pintura de tránsito	47
4.1.1	Características de almacenamiento	47
4.1.2	Preparación de la superficie.....	47
4.1.3	Características de aplicación	48

4.2	Demarcaciones termoplásticas.....	49
4.2.1	Propiedades.....	49
4.2.2	Aplicación	50
4.2.3	Acondicionamiento de la superficie	51
4.3	Esferas de vidrio	51
4.3.1	Esferas de vidrio drop-on.....	52
4.3.2	Esferas de vidrio premix	52
4.4	Captaluces.....	53
4.5	Supervialetas o vialetones.....	54
CONCLUSIONES.....		55
RECOMENDACIONES		57
BIBLIOGRAFÍA.....		59
APÉNDICES.....		61
ANEXOS		69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Demarcación de carril de ascenso	10
2	Demarcación de línea de centro.....	10
3	Demarcación en carreteras multicarril	10
4	Aplicación de líneas de carril	11
5	Demarcación en zonas donde se reduce el número de carriles	14
6	Carril de giro exclusivo	15
7	Demarcación de rampas de entrada	16
8	Demarcación de ceda el paso para una rampa de entrada.....	17
9	Rampa de salida directa.....	17
10	Demarcación de rampas de salida	18
11	Demarcación para indicar la aproximación de una obstrucción	19
12	Demarcación mediante captaluces.....	20
13	Línea de parada	22
14	Demarcación de pasos peatonales	23
15	Detalle de la marca de ferrocarril.....	24
16	Demarcación típica en aproximaciones a cruces de ferrocarril	25
17	Demarcación de espacios de estacionamiento	25
18	Demarcaciones que controlan el uso de carriles.....	27
19	Demarcación de carril central reversible	28
20	Detalle de marca tipo chevron	28
21	Demarcación de carril bajo puente de arco	29
22	Aumento de la visual lateral al disminuir la velocidad.....	30
23	Acera de paso peatonal.....	32

24	Reductor de velocidad tipo lomo o túmulo	33
25	Reductor de velocidad tipo lomo modificado.....	34
26	Detalle de colocación de tachuelones.....	35
27	Serie de trepidadores.....	36
28	Isla para división del tránsito.....	38
29	Isla canalizadora	41
30	Islas que evitan movimientos indeseables	41
31	Demarcación de islas por medio de boyas	43
32	Medidas para evitar el paso sobre pintura fresca.....	49
33	Proceso de atomización.....	50
34	Principio de reflexión.....	51
35	Esferas de vidrio	52
36	Captaluces	53
37	Supervialetas o vialetones	54
38	Distancia de visibilidad de parada.....	61
39	Adelantamiento en carreteras de dos carriles.....	66
40	Modelo MP-1077-8.....	72
41	Modelo S-201 (manual).....	73
42	Productos para demarcaciones.....	76
43	Boyas y vialetn	78
44	Demarcación de línea central	79
45	Demarcación de línea de borde	80
46	Marcas y símbolos en el pavimento.....	81
47	Señales restrictivas.....	89
48	Señales preventivas.....	90

TABLAS

I	Distancias de visibilidad	13
II	Probabilidad de morir atropellado según velocidad de impacto	31
III	Distancias de visibilidad de parada	63
IV	Captales	76
V	Boyas	77
VI	Normas y procedimientos de ejecución para mantenimiento vial.....	88

GLOSARIO

Acera	Parte lateral de una calle por donde transitan sólo peatones y cuyo propósito es proporcionar, a través de una elevación superior a la del pavimento, una zona de seguridad.
Autopista	Carretera de tránsito rápido de cuatro o más carriles de circulación, con isla central divisoria o sin ella.
Bifurcación	División de una vía en ramales, uno de los cuales cuando menos, se aparta de la dirección original.
Bordillo	Encintado de concreto, asfalto, piedra u otro material que sirve para delimitar la calzada.
Calzada	Zona de la carretera destinada a la circulación de vehículos y con ancho suficiente, excluyendo los hombros laterales, para acomodar un cierto número de carriles.
Carretera	Vía de tránsito público en zonas no urbanas.
Carril	Parte de la calzada destinada al tránsito de los vehículos en una sola dirección, con ancho suficiente para una fila de vehículos.

Derecho de vía	Área o superficie de terreno propiedad del Estado dentro de la cual se construye una vía y en la cual se deja una franja de terreno a ambos lados de la misma para ampliaciones futuras o la instalación de obras complementarias.
Hombro	Área adyacente y paralela en ambos lados de la superficie de rodadura cuya finalidad es dar soporte lateral al pavimento y proporcionar una zona en la cual los vehículos puedan parar en caso de emergencia o esquivar algún obstáculo dentro de la vía.
Isla	Área ubicada entre carriles de la vía, destinada a encauzar el movimiento de vehículos sirviendo a la vez como refugio de peatones.
Pasarela	Estructura elevada y transversal al eje de un camino, destinada para el paso seguro de peatones.
Paso a desnivel	Intersección en la cual dos o más ejes de vías se atraviesan a diferentes niveles de elevación.
Pavimento	Superestructura de una carretera, construida sobre la subrasante y compuesta normalmente por la sub-base, la base y la capa de rodadura, cuya función principal es soportar las cargas de los vehículos y transmitir los esfuerzos al terreno, distribuyéndolas en tal forma que no se produzcan deformaciones peligrosas; además, provee una superficie uniforme y resistente para la circulación.

Peatón	Persona que transita a pie.
Rampa de escape	Ramal destinado para el frenado de emergencia en carreteras con pendiente considerable o prolongada.
Señalización	Conjunto de señales destinadas a controlar, prevenir o informar a los conductores que transitan por la vía.
Separador	Dispositivo distinto de una línea pintada, estrecho y ligeramente alto, situado en una calzada para separar el tránsito hacia una dirección distinta y dispuesto de tal forma que intimide o impida el paso de vehículos por encima de éste.
Tráfico o tránsito	Flujo de personas, vehículos y/o animales que transitan por las vías.
Vía	Calle, camino o carretera por donde transitan los vehículos.
Vibrador	Un tipo de reductor de velocidad constituido por una serie de elementos rugosos que producen sonido y una fuerte vibración cuando los vehículos transitan sobre él.

RESUMEN

Una parte esencial en el proceso de concepción, diseño, planificación y desarrollo de un proyecto es el uso correcto y mesurado de señales, marcas y demás dispositivos para el control del tránsito; su localización y relevancia dependerá de variables tales como el flujo vehicular o peatonal, el volumen de tránsito, la clasificación o tipo de carretera, el grado de control requerido, etcétera.

De esta manera se explica la imperante necesidad de contar con el presente compendio donde se exponen los criterios necesarios para un correcto diseño, una aplicación uniforme y una distribución adecuada de los diferentes dispositivos de control de tránsito; ya que todos los dispositivos con su interdependencia brindan seguridad al transitar por la red vial.

Debido a la extensa información sobre el tema en este trabajo se expone lo referente a la demarcación en el pavimento y demás dispositivos de control que sobre él se colocan; como el caso de tachuelones, captaluces, etcétera.

En este documento se expone el propósito de las señales de tránsito y las razones que motivan su aplicación; también se presentan los criterios de diseño que deben tomarse en cuenta para cada uno de los diferentes dispositivos de control, incluyéndose la información necesaria para la correcta localización de los mismos. Se establecen los casos en los que se pueden y deben utilizar las islas, describiendo sus diferentes funciones y formas.

Además, se muestran las características de los materiales utilizados en las demarcaciones, los utilizados como reductores de velocidad y aquellos que sirven para distribuir el tráfico o para complementar la información de otros dispositivos.

OBJETIVOS

General

Reunir en un documento todas las normas, criterios, disposiciones y recomendaciones necesarias para una adecuada demarcación de señales en el pavimento que permitan obtener un movimiento ordenado, seguro y predecible de todos los usuarios de la red vial de nuestro país; sean estos automotores o peatones.

Específicos

A través de la publicación de la información presentada se pretende contribuir con:

1. Mejorar la seguridad vial en las carreteras, reflejado en una disminución en el número de accidentes de tránsito.
2. Reducir las demoras innecesarias provocadas por el congestionamiento del tránsito, ocasionado por la escasa o nula demarcación de rutas, puntos críticos, vías alternas, etcétera.
3. Proporcionar a los usuarios de las vías una orientación completa, de manera uniforme y eficiente.

INTRODUCCIÓN

Los dispositivos de control de tránsito, las reglas de justificación para su uso, así como los criterios técnicos, facilitan y garantizan el movimiento ordenado y predecible de todos los usuarios de la vía; sean estos flujos automotores, peatonales o de otra índole. Asimismo, los dispositivos de control tienen por objeto guiar y advertir a los usuarios de la vía conforme sea necesario, para garantizar la operación segura y uniforme de los elementos individuales de la corriente de tránsito.

En lo que respecta al presente documento, se pretende reunir y presentar en él los principios que rigen el diseño y uso de los dispositivos de control de tránsito y las demarcaciones en el pavimento; estos principios aparecerán a lo largo del texto en una secuencia dentro de la cual se vayan presentando, desde los conceptos técnicos más elementales hasta los criterios de diseño que es preciso tomar en cuenta para su colocación; con esto se pretende facilitar su comprensión, tanto para aquellas personas con conocimientos técnicos, como para personas que se interesen por aprender sobre el tema.

En el primer capítulo se exhiben los criterios técnicos, básicos que cualquier tipo de señal debe cumplir, al mismo tiempo que se determinan los objetivos que justifican su utilización y localización.

En el segundo capítulo se presenta la clasificación y función que cada una de las demarcaciones en el pavimento desempeña, complementando esta información con la exposición de aspectos tales como: código de colores, materiales, limitaciones en su uso, dimensiones y, en conclusión, todos aquellos criterios que se consideren relevantes.

En el tercer capítulo se establece la clasificación de las islas y cuáles son los criterios a tomar en cuenta para su diseño; todo esto con el objetivo de proporcionar al lector una guía completa en lo que respecta a la demarcación en el pavimento y los demás dispositivos que sobre él pueden colocarse, ya que este tipo de elementos representan una forma eficiente para controlar el tráfico y su función no se reduce simplemente a servir como refugio de peatones.

Como complemento final, dentro del cuarto capítulo se incluyen aspectos de interés relacionados con los distintos materiales utilizados en las demarcaciones y dentro del cual se recopila toda la información necesaria para una correcta selección de los mismos.

Dentro de los anexos y apéndices se completa la información con los siguientes contenidos: medidas de precaución para trabajos de demarcación, máquinas pinta líneas, rendimiento de materiales, distancias de visibilidad en carreteras, alfabeto estándar para demarcación en el pavimento, señales verticales auxiliares y otros más

1. CRITERIOS TÉCNICOS BÁSICOS

1.1 Propósito de los dispositivos de control de tránsito

Los dispositivos de control de tránsito son elementos físicos que facilitan y garantizan el movimiento ordenado y seguro de los flujos vehiculares y peatonales, proporcionando a los usuarios de la vía la información necesaria para prever y evadir situaciones peligrosas. El número de señales reglamentarias debe reducirse al mínimo y deben colocarse solamente en aquellos lugares donde se consideren indispensables (véase anexo A).

1.2 Requisitos que deben cumplir los dispositivos

Para que su función sea desempeñada a cabalidad, los dispositivos de control deben cumplir con los siguientes criterios:

- Infundir respeto por parte de los usuarios. Se debe tener claro que la infracción de una señal puede significar daño físico y/o gastos económicos.
- Llamar la atención de usuario. Si no se cumple esta función, la información que proporciona la señal no será percibida y atendida.
- Proporcionar un mensaje claro y sencillo. La acción de conducir requiere de un constante procesamiento de información y toma de decisiones, por lo cual un mensaje claro y sencillo de parte de cualquier señal demandará del usuario poco tiempo para su comprensión.

- Satisfacer una necesidad específica, ya que una señal que no sea estrictamente necesaria provocará irrespeto de parte de los usuarios, no solamente en el caso de aquella erróneamente ubicada sino también con las señales cuyas características sean similares o iguales.
- Proporcionar suficiente espacio y tiempo. Al decir espacio se refiere a una distancia dentro de la cual el conductor pueda maniobrar para así obedecer la información que se le da, esto incluye el tiempo suficiente para recibir la información, tomar una decisión y llevarla a cabo; se debe tomar en consideración que a velocidades mayores se requiere mayor tiempo y espacio.

1.2.1 Diseño

La base para el diseño de cualquier dispositivo de control es que éste cumpla con su función de informar y orientar al usuario a través de su forma, tamaño, color, reflectividad y simplicidad, dando así un mensaje claro; una adecuada localización y legibilidad del dispositivo le proporcionará al usuario el tiempo necesario para tomar las medidas de seguridad pertinentes, a la vez que infundirá respeto hacia las mismas. Para ciertos casos especiales podrá aceptarse cierto grado de modificación de las señales que en este documento se presentan; sin embargo, dichos cambios deberán ser menores y no afectar el significado del dispositivo.

1.2.2 Localización

Los dispositivos de control deben colocarse dentro del cono visual del usuario, tomándose en cuenta la velocidad a la que se desplaza para que efectivamente atraiga su atención y se facilite su lectura o interpretación.

1.2.3 Uniformidad

La uniformidad de los dispositivos de control refleja un mejor entendimiento de la información que proporcionan, además de significar una ventaja en el proceso de instalación y conservación. La uniformidad significa que para situaciones similares los dispositivos serán similares, aprovechando así que los usuarios conozcan de antemano el mensaje que se pretende dar.

1.2.4 Mantenimiento

Debe tenerse un estricto control sobre el mantenimiento que se le da a los dispositivos de control (véase anexo F); su legibilidad y visibilidad deben permanecer invariables a través del tiempo, de lo contrario es recomendable su reemplazo para restituir sus condiciones originales de diseño. Pasado el tiempo, es necesario hacer ajustes o actualizaciones para que los dispositivos cumplan con los requerimientos para los cuales fueron creados.

1.3 Clasificación de los dispositivos de control de tránsito

Los dispositivos de control de tránsito pueden dividirse en las tres categorías que se describen a continuación:

- a) **Dispositivos de información:** su función es, como su nombre lo indica, proporcionarle al usuario la información necesaria para su navegación, orientación y guía hacia determinados lugares de destino, así como también, ofrecer cualquier otra información de interés.

- b) **Dispositivos de prevención:** advierten al usuario sobre posibles peligros y la forma de evitarlos.

- c) **Dispositivos de reglamentación:** su función es la de informar y advertir a los usuarios sobre la reglamentación vigente en el país, indicando las limitaciones, prohibiciones y restricciones que regulan el flujo vehicular sobre la vía; el incumplimiento de dichas normas será motivo de sanciones conforme a lo establecido en el reglamento respectivo.

1.4 Código de colores

Los colores que a continuación se presentan, son los establecidos y de uso tradicional en el país; su objetivo es el de revelar determinada información.

- a) **Amarillo:** indica la necesidad de tomar medidas de precaución.
- b) **Anaranjado:** se utiliza para señales temporales que indican construcción o mantenimiento de la vía.
- c) **Azul:** se utiliza en señales que sirven de guía.
- d) **Blanco:** su función es la de informar y regular el flujo vehicular.
- e) **Rojo:** indica situaciones peligrosas o restricción de ciertas maniobras.
- f) **Verde:** de uso común en señales informativas.

2. DEMARCACIÓN EN EL PAVIMENTO

2.1 Aspectos generales

2.1.1 Definición

La demarcación abarca todas aquellas líneas y símbolos que se pintan sobre el pavimento, al igual que aquellos objetos que se colocan sobre él con la finalidad de regular o canalizar el tránsito.

2.1.2 Funciones

El objetivo de las demarcaciones es controlar el tránsito; este control se lleva a cabo a través de las instrucciones que transmiten por sí solas o como complemento de la información que por algún otro tipo de señales, como semáforos o señales verticales, pueda presentarse.

2.1.3 Limitaciones

Sin lugar a duda, el problema más frecuente que se observa en este tipo de señalización es su rápido desgaste bajo condiciones de tránsito intenso.

Por otra parte, es importante destacar que este tipo de señales aumentan considerablemente la seguridad de los conductores, pues la información que proporcionan es recibida sin que por ello se pierda la atención que sobre la carretera debe mantenerse.

2.1.4 Uniformidad

Como se mencionó, la uniformidad en el diseño y localización de las señales provee a los usuarios de la vía información e instrucciones fácilmente reconocibles, teniendo como ventaja adicional la reducción de costos en la colocación en serie de objetos o en la demarcación de líneas.

2.1.5 Clasificación

Las demarcaciones pueden clasificarse de la siguiente forma:

1. Demarcaciones en pavimentos
 - Líneas de centro
 - Líneas de carril
 - Líneas de barrera
 - Líneas de borde de pavimento
 - Transiciones en el ancho del pavimento
 - Líneas de canalización
 - Aproximaciones a obstáculos
 - Marcas de giros
 - Líneas de parada
 - Pasos para peatones
 - Aproximaciones a pasos a nivel con líneas férreas
 - Zonas de estacionamiento
 - Palabras y símbolos sobre el pavimento
 - Marcas para regular el uso de la vía
 - Reductores de velocidad
2. Demarcaciones para indicar restricción de estacionamiento

- Línea de borde amarilla
- Línea de borde azul
- Línea de borde roja
- Línea de borde verde

2.1.6 Materiales

Existe una gran variedad de materiales utilizados en las demarcaciones, siendo necesario un estudio detallado de cada uno de ellos; de tal cuenta en el cuarto capítulo se presentan las características y especificaciones requeridas.

2.1.7 Colores

1. **Amarillo:** este color es utilizado para separar flujos de tráfico con distinto sentido, zonas de estacionamiento prohibido, para demarcar islas divisorias y para prevenir el bloqueo de intersecciones.
2. **Blanco:** sirve para separar flujos de tránsito con el mismo sentido, para demarcar líneas de borde, zonas de estacionamiento, pasos peatonales y palabras o símbolos.
3. **Rojo:** se utiliza en líneas de borde para prohibir el estacionamiento.
4. **Azul:** su uso se reduce exclusivamente a la demarcación de zonas de estacionamiento para personas discapacitadas.

2.1.8 Líneas longitudinales

1. **Línea blanca de trazo segmentado:** se utiliza como línea de carril en vías de varios carriles con el mismo sentido.
2. **Línea blanca de trazo continuo:** sirve como separador de flujo de tráfico en carriles del mismo sentido, permitiendo la circulación a ambos lados, pero desalentando al usuario a traspasarla.
3. **Línea blanca de trazo doble continuo:** sirve para advertir sobre la presencia de algún obstáculo en el centro de la vía, pero que puede ser esquivado a ambos lados.
4. **Línea amarilla de trazo continuo:** utilizada comúnmente como línea central para separar flujos vehiculares en vías de dos carriles con distintos sentidos y donde el adelantamiento es prohibido.
5. **Línea amarilla de trazo segmentado:** línea central que permite el adelantamiento en vías de dos carriles con sentidos diferentes.
6. **Isla formada por dos líneas amarillas de trazo continuo:** permite separar flujos vehiculares con sentido contrario, para vías de varios carriles y donde el adelantamiento es prohibido.
7. **Línea amarilla doble, una de trazo continuo y otra de trazo segmentado:** al igual que el caso anterior, hace la separación de flujo para vías de varios carriles y de sentidos diferentes, pero permite el adelantamiento en el carril adyacente a la línea discontinua; se usa también para carriles exclusivos para giros a la izquierda.

2.1.9 Marcas transversales

Dentro de esta clasificación se encuentran las palabras y símbolos, líneas de parada, pasos peatonales, marcas para espacios de parqueos y otras, todas estas son de color blanco; una excepción son las marcas para evitar la obstrucción de intersecciones que deben ser de color amarillo.

2.1.10 Marcas incrustadas en el pavimento

Este tipo de dispositivos se utilizan para complementar la información que se presenta a través de las demarcaciones en el pavimento y en algunos casos para sustituirlas; el color de los dispositivos debe ser igual que el de las marcas que pretenden complementar o sustituir.

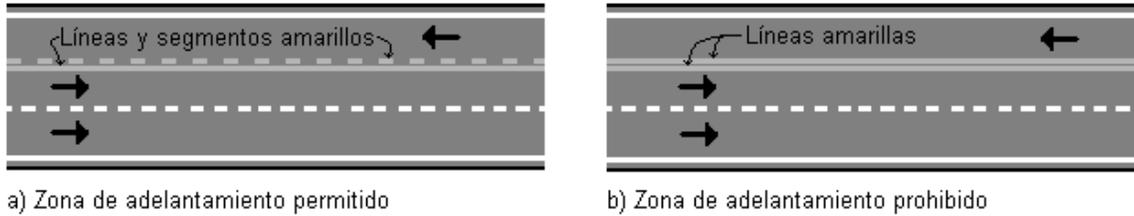
Dentro de las marcas incrustadas más comunes se encuentran los captaluces (ojos de gato o vialetas), ya que en zonas de poca visibilidad su reflectividad resulta de gran ayuda. El espaciamiento entre captaluces, cuando funcionan como complemento o sustituto de líneas de demarcación, se define como N , que es la suma de la longitud de un segmento de pintura y la longitud de una brecha.

2.2 Demarcación de pavimentos y bordes de pavimentos

2.2.1 Líneas centrales de sentido de circulación

La línea central es aquella que separa los flujos vehiculares de sentidos opuestos, esta división puede no ser exactamente en el centro geométrico de la vía, pues en carriles de ascenso o en transiciones en el ancho del pavimento se pierde la simetría (véase figura 1).

Figura 1. Demarcación de carril de ascenso



La línea central para carreteras con tránsito en ambos sentidos, con menos de cuatro carriles y donde se permite el adelantamiento, consiste en una línea amarilla discontinua de ancho entre 10 cm y 15 cm, y con una relación de segmento-separación de 3 a 5, teniendo por ejemplo longitudes de segmento y separación de 4.5 m y 7.5 m respectivamente (véase figura 2).

Figura 2. Demarcación de línea de centro

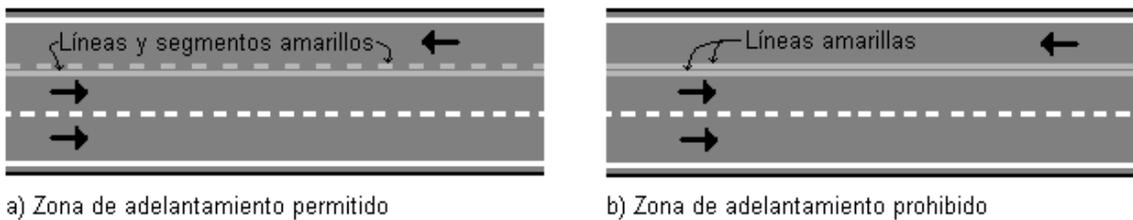
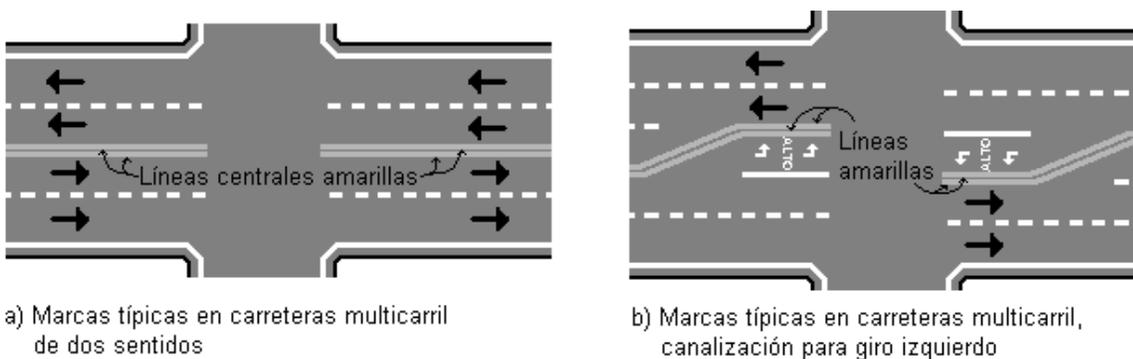


Figura 3. Demarcación en carreteras multicarril



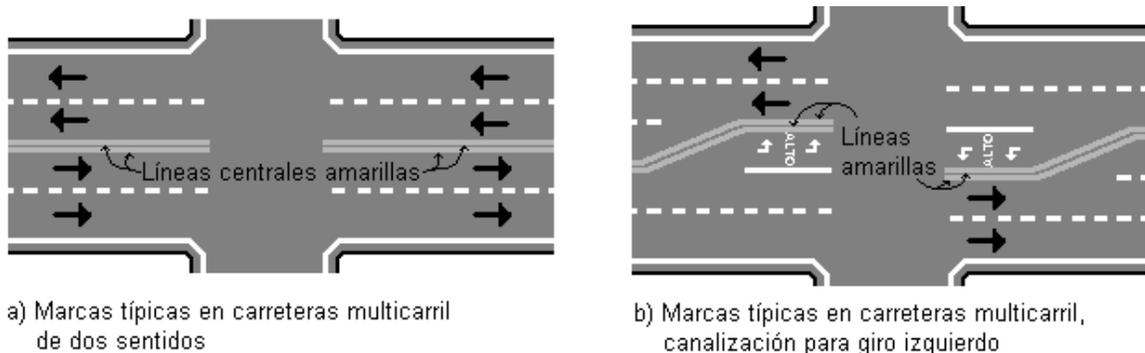
En carreteras de cuatro o más carriles, la línea central está compuesta por dos líneas amarillas continuas con un ancho de 10 cm. Si el ancho de calzada es de menos de 12 m, las líneas tendrán una separación entre sí de 7.5 cm, en el caso de que el ancho de calzada sea mayor de 12 m la separación será de 25 cm. Los casos más comunes pueden observarse en la figura 3.

2.2.2 Líneas de carril

Este tipo de demarcación se utiliza para canalizar y controlar el tráfico con el mismo sentido aprovechando al máximo la superficie de la carretera, pues sin estas líneas los conductores tienden a ocupar mayor espacio.

Estas deben ser líneas blancas discontinuas con un ancho no menor de 10 cm ni mayor de 15 cm; la relación segmento-separación, en zonas rurales, debe ser 4.5 m y 7.5 m respectivamente, y en zonas urbanas de 3 m y 5 m. En el caso de carriles de giro, es recomendable usar una línea continua de canalización de 20 cm de ancho (véase figura 4).

Figura 4. Aplicación de líneas de carril



Se recomienda utilizar anchos de carril de 3.65 m, aunque dependiendo de la sección típica este valor puede variar hasta un mínimo de 3 m.

Cuando se desea aprovechar al máximo el ancho de calzada se puede utilizar un ancho de carril de 2.75 m, pero sólo en los casos en donde exista un bajo porcentaje de vehículos pesados y donde la baja velocidad de tránsito permite hacer esta reducción.

2.2.3 Demarcación de zonas de adelantamiento prohibido

Se han establecido como zonas de adelantamiento prohibido las curvas horizontales y verticales, intersecciones, cruces de ferrocarril, puentes, túneles, pasos a desnivel y el adelantamiento en aquellas carreteras de dos o tres carriles donde las condiciones de visibilidad o cualquier otra circunstancia, signifiquen un riesgo para los conductores y las demás personas.

La demarcación de estas zonas se hace con una línea amarilla continua, con ancho entre 10 cm y 15 cm, y una separación con cualquier línea adyacente de 7.5 cm a 25 cm según los casos descritos en la sección 2.2.1.

Es necesario colocar señales verticales, como las que se muestran en el anexo G, al principio (R-13-1) y al final (R-13-3) de la zona de prohibición. En ningún caso las líneas de barrera serán menores a 150 m de largo; si la distancia de no adelantamiento es menor a este valor, el largo adicional para llegar a los 150 m debe agregarse al principio de la zona. Distancias menores de 120 m entre zonas de adelantamiento prohibido no son suficientes para rebasar, por lo tanto deberá prolongarse la línea de barrera en esta distancia.

En carreteras de dos o más carriles para cada sentido de circulación no es necesario el atravesar la línea central, por lo tanto deben colocarse líneas de barrera hasta el punto donde disminuya el número de carriles a uno para cada sentido de circulación.

Una zona de adelantamiento prohibido comienza donde la distancia de visibilidad de rebase es menor a los valores que se muestran en la tabla I, y esta misma zona termina en el punto donde la visibilidad es igual o mayor a dichos valores. Puede consultarse el apéndice 1 para más información.

Tabla I. Distancias de visibilidad

Distancia de visibilidad de rebase mínima	
Velocidad (Km/h)	Distancia (m)
50	150
65	180
80	240
100	300
115	360

Fuente: Secretaría de Integración Económica Centroamericana. **Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito.** Pág. 115

2.2.4 Líneas de borde de pavimento

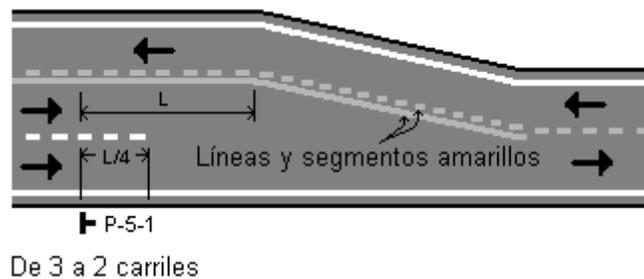
Las líneas de borde de pavimento deben ser blancas y continuas, con un ancho entre 5 cm y 10 cm; estas líneas son un complemento de las demás demarcaciones, bajo ninguna circunstancia serán utilizadas para sustituir las líneas de carril o la línea central. Las líneas de borde izquierdo pueden utilizarse en los casos de calzadas con un solo sentido, sustituyendo la línea de barrera.

Los objetivos de estas marcas son: evitar que vehículos pesados transiten por los hombros de la carretera, ya que estas zonas tienen menor resistencia a la carga; proporcionar a los conductores guías laterales que faciliten su conducción durante la noche, bajo lluvia o a través de neblina; reducir el ancho de carril cuando éste sea demasiado grande; reducir el número de accidentes.

2.2.5 Transiciones en el ancho del pavimento

Existen lugares donde las limitaciones físicas obligan a reducir el ancho de calzada; para esos casos puede controlarse el tránsito a través de demarcaciones similares a las líneas de barrera, que son líneas amarillas de ancho entre 10 cm y 15 cm. En estos casos es necesario complementar la información a través de señales verticales (P-5-1) y (P-5-2) que se muestran en el anexo G; además como se muestra en la figura 5, las líneas de carril deben interrumpirse a un cuarto de la distancia de transición.

Figura 5. Demarcación en zonas donde se reduce el número de carriles



La longitud de transición, para vías con velocidad de diseño mayor de 60 Km/h, se determina con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$L = 0.6 a V \quad (1)$$

Para zonas urbanas donde la velocidad de diseño es menor a 60 Km/h se utiliza la fórmula:

$$L = 0.4 a V^2 / 150 \quad (2)$$

donde: L = longitud de transición (m)

a = diferencia en el ancho de las vías (m)

V = velocidad de diseño (Km/h)

2.2.6 Líneas de canalización

Estas líneas se usan para canalizar el tránsito y de este modo evitar interferencias con otros flujos vehiculares. Debe ser una línea blanca continua con ancho similar a las líneas de carril y pudiendo llegar a un máximo de 30 cm, dependiendo del énfasis que se desee dar (véase figura 6).

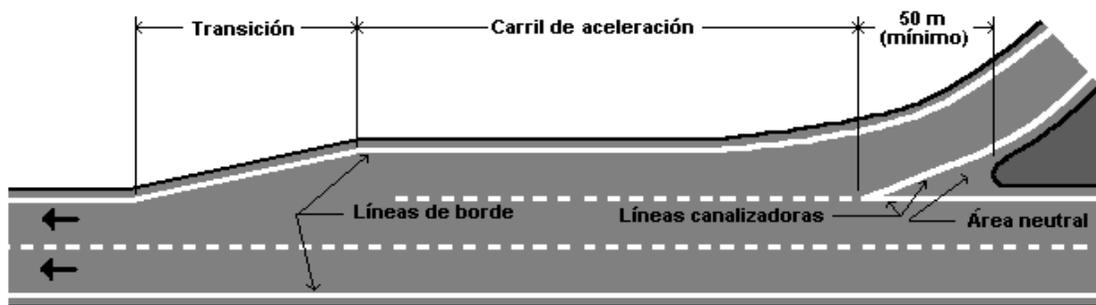
Figura 6. Carril de giro exclusivo



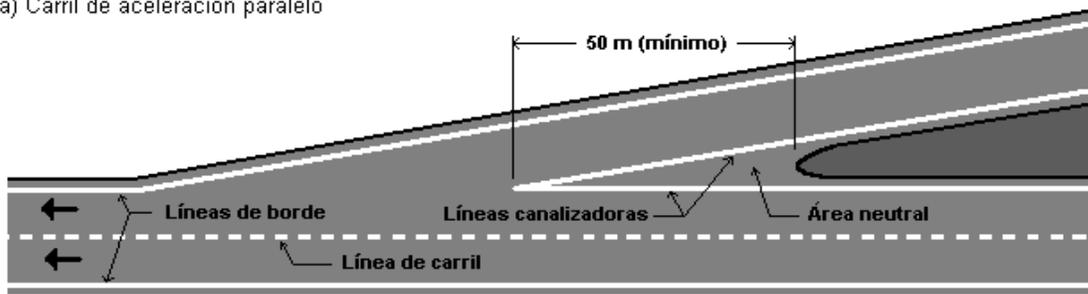
Las líneas de canalización pueden ser usadas también como guía para separar carriles de giro exclusivo y para desalentar a los conductores que viajan en el mismo sentido a traspasar dicha línea, aunque esta acción no está prohibida siempre y cuando se haga de forma cautelosa. Se usan también para guiar a los vehículos de gran altura a través de túneles o puentes de arco.

Otra forma de utilizar este tipo de líneas es en la demarcación de rampas de entrada y salida de autopistas. En rampas de salida, provee al conductor de una zona neutral que reduce la posibilidad de conflictos en la bifurcación, mientras que en las rampas de entrada, como se muestra en la figura 7, ayuda al conductor a incorporarse con mayor seguridad al tránsito.

Figura 7. Demarcación de rampas de entrada



a) Carril de aceleración paralelo



b) Entrada directa

Para la demarcación de rampas de entrada, debe usarse una línea de canalización blanca continua de por lo menos 20 cm de ancho a ambos lados del área neutral formada por la bifurcación. Si además existe un carril de aceleración, éste debe pintarse con una línea de carril desde el inicio del vértice hasta el final del carril.

En los casos donde no sea suficiente la distancia para colocar un carril de aceleración, deberá marcarse en el pavimento una línea de parada y la palabra CEDA (véase figura 8).

Figura 8. Demarcación de ceda el paso para una rampa de entrada

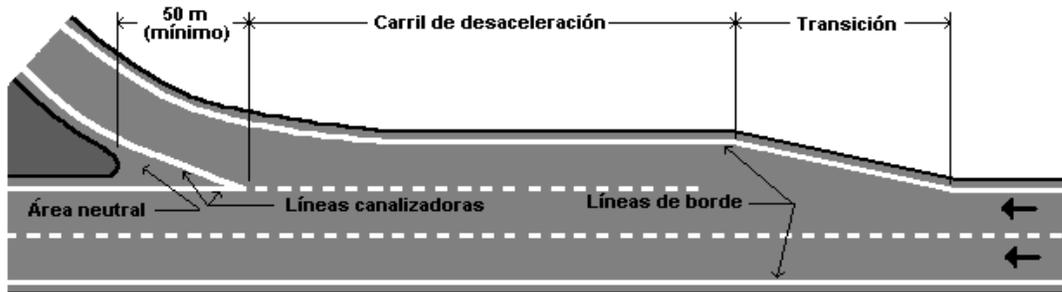


La demarcación de rampas de salida se hace igual que en el caso de las rampas de entrada. De existir un carril de desaceleración, éste debe pintarse con una línea de carril desde el vértice hasta, la mitad de la longitud de dicho carril. El triángulo neutral puede pintarse con líneas diagonales blancas, con un ancho de 20 cm y una separación perpendicular de 2 m (véase figura 9).

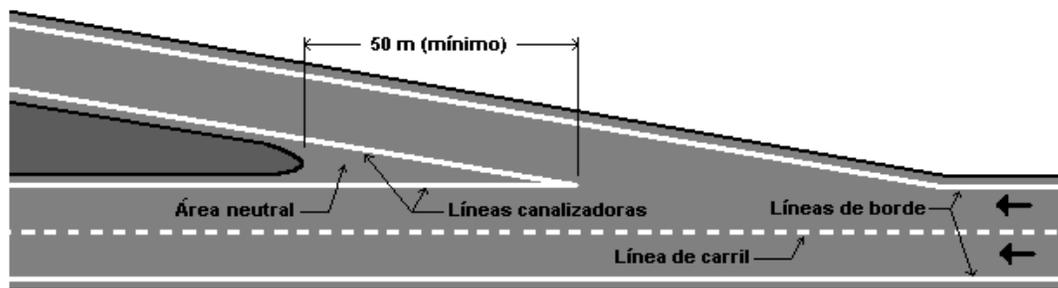
Figura 9. Rampa de salida directa



Figura 10. Demarcación de rampas de salida



a) Carril de desaceleración paralelo



b) Salida directa

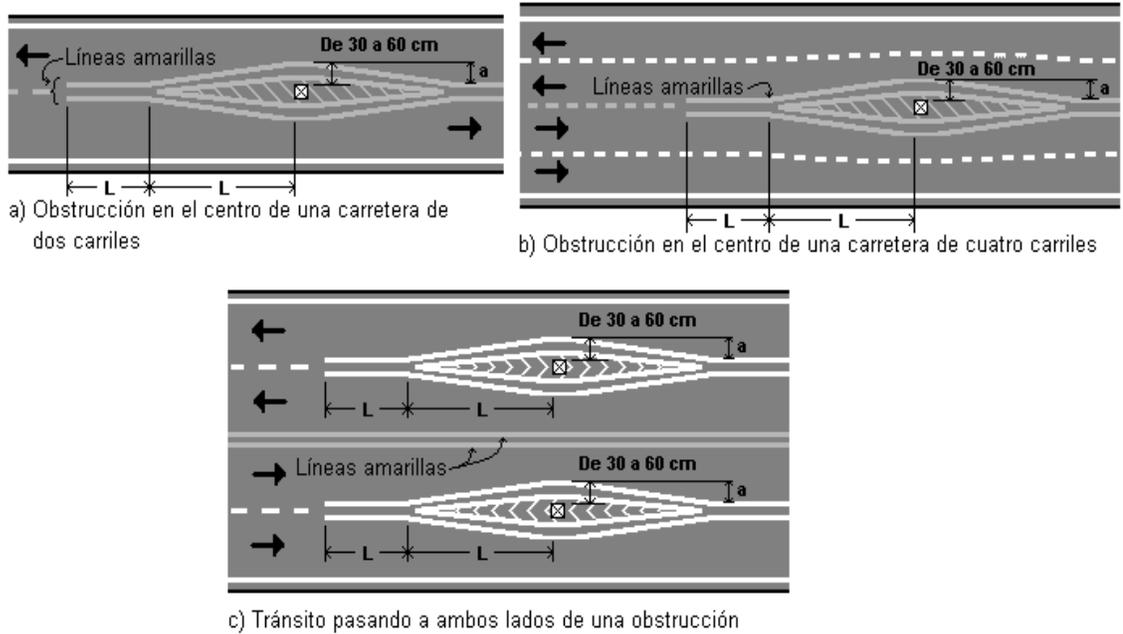
En la figura 10 se muestran las rampas de salida para los casos en donde existe un carril de desaceleración paralelo y donde existe una salida directa.

2.2.7 Demarcación de aproximaciones a obstáculos

Es necesario colocar este tipo de demarcaciones para prevenir posibles colisiones con obstáculos fijos sobre el pavimento; su función es desviar a los conductores lateralmente y así evitar complicaciones. Pueden presentarse dos tipos de obstáculos: donde el flujo de vehículos debe pasar por la derecha y donde los vehículos circulan con el mismo sentido a ambos lados del obstáculo.

Este tipo de demarcación consiste en líneas diagonales que van desde la línea central o de carril, para el primer y segundo caso, respectivamente, hasta 30 cm o 60 cm al costado de la obstrucción, teniendo estas líneas un ancho entre 10 cm y 30 cm (véase figura 11).

Figura 11. Demarcación para indicar la aproximación de una obstrucción



La longitud de transición hasta donde debe prolongarse la línea de barrera se calcula utilizando las fórmulas 1 y 2, descritas en la sección 2.2.5 y bajo las condiciones ahí expuestas.

La línea inclinada que va desde el obstáculo hasta la línea de barrera o de carril, debe ser mayor de 30 m en áreas urbanas y de 60 m en áreas rurales; de ser necesario, la longitud L debe ser extendida hasta cumplir los requisitos de visibilidad.

Para mayor efectividad, deben marcarse líneas inclinadas a un ángulo de 30° con respecto al eje del camino, siendo de color amarillo para el primer caso descrito con anterioridad y de color blanco para el segundo; éstas tendrán un ancho entre 30 cm y 60 cm, y una separación del doble medida perpendicularmente.

Las líneas inclinadas deben disponerse de tal forma que su inclinación oriente al conductor a salir de esta zona, y para el caso donde los vehículos circulan a ambos lados del obstáculo con el mismo sentido, la inclinación deberá partir de la línea de carril en forma divergente.

2.2.8 Captaluces

Estas marcas pueden servir como complemento de las líneas longitudinales. Deben colocarse en el medio de las líneas dobles de barrera o al centro de las líneas de carril o centrales. Es recomendable en pavimentos de concreto, colocarlas a un costado de las juntas longitudinales.

Los captaluces pueden ser usados como complemento de otras demarcaciones, como en islas de canalización y aproximación a obstáculos. El color de los captaluces dependerá de la línea o líneas que complementen. Como puede observarse en la figura 12, al colocar los captaluces sobre las líneas de demarcación quedan temporalmente cubiertas por la pintura en los trabajos de mantenimiento.

Figura 12. Demarcación mediante captaluces



Para un espaciamiento adecuado los captaluces pueden colocarse a $2N$, donde N es la suma de una longitud de segmento más una longitud de espaciamiento.

Los captaluces que complementen líneas continuas deben tener un espaciamiento máximo de N , excepto en las líneas de borde donde el espaciamiento debe ser como máximo $\frac{1}{2}N$. Para líneas segmentadas los captaluces pueden colocarse a una distancia máxima de $2N$, excepto en los casos de carriles reversibles donde la separación no será mayor de N .

En los casos donde los captaluces remplacen líneas, se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones: si se sustituye una línea continua, el espaciamiento máximo entre captaluces debe ser $\frac{1}{2}N$; si se reemplaza una línea discontinua, cada segmento puede sustituirse por cuatro o cinco captaluces con un espaciamiento aproximado de $N/12$.

2.2.9 Líneas de giro y flechas direccionales

Estas demarcaciones sirven para controlar y guiar a los conductores que tengan la necesidad hacer giros en intersecciones; los vehículos que circulen sobre estas marcas tendrán la obligación de atenderlas, ya sea una flecha recta o una flecha curva, el único caso de excepción es la flecha recta y curva que da las dos opciones. Estas demarcaciones son de color blanco y pueden hacerse como se muestra en las figuras 4 y 6.

Para autopistas donde se deban colocar flechas direccionales, debe considerarse la velocidad de diseño de la vía, pues como es de suponerse a mayor velocidad de movimiento la distorsión visual causa un acortamiento de la señal y se hace necesaria una mayor longitud para la misma (véase anexo E).

2.2.10 Líneas de parada

Como en todas las señales transversales, su ángulo de visual es pequeño, por tal razón el ancho debe ser más grande, dentro del rango de 30 cm para velocidades bajas y de 60 cm para velocidades altas.

Estas líneas junto con señales verticales de alto, semáforos o demarcaciones de CEDA o ALTO, indican el sitio exacto atrás del cual deben detenerse los vehículos (véase figura 13). Estas líneas deben colocarse por lo menos a 1.20 m antes de la vía que cruce y hasta un máximo de 9 m.

Figura 13. Línea de parada

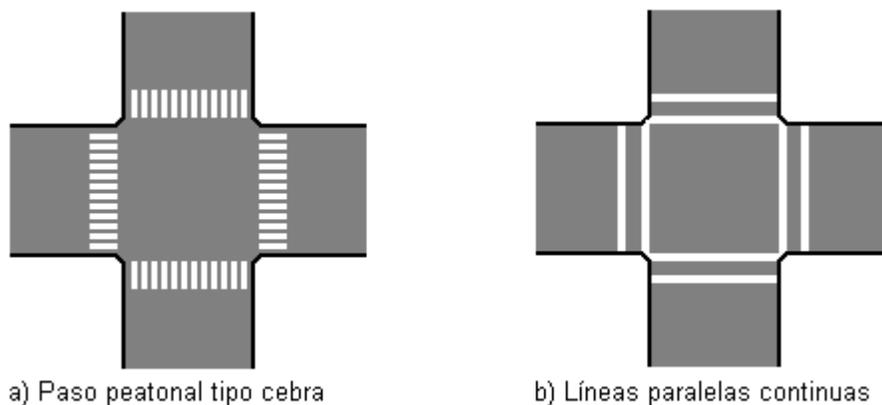


2.2.11 Líneas de pasos peatonales

Estas demarcaciones sirven para evitar conflictos entre peatones y vehículos, localizándose en intersecciones o zonas donde es difícil reconocer el lugar correcto para cruzar. Generalmente, el ancho de estas zonas se rige por el ancho de acera, pero en ningún caso deben ser menores de 1.80 m.

Existen dos formas para demarcar estas zonas (véase figura 14), la primera es el llamado paso de cebra, que se utiliza en zonas de alto volumen de peatones o donde es difícil identificar un cruce peatonal; las dimensiones del ancho de pintura blanca y la separación entre líneas deben oscilar entre 40 cm y 60 cm.

Figura 14. Demarcación de pasos peatonales



La segunda opción consiste en líneas blancas paralelas y continuas, que se utilizan en los casos donde la geometría de la intersección o el ancho de la calzada hacen preferible la delimitación exacta de la zona.

Normalmente, las líneas blancas paralelas y continuas poseen un ancho de 20 cm, pero en zonas donde no se espera un paso peatonal, la primera línea debe tener un ancho de hasta 60 cm.

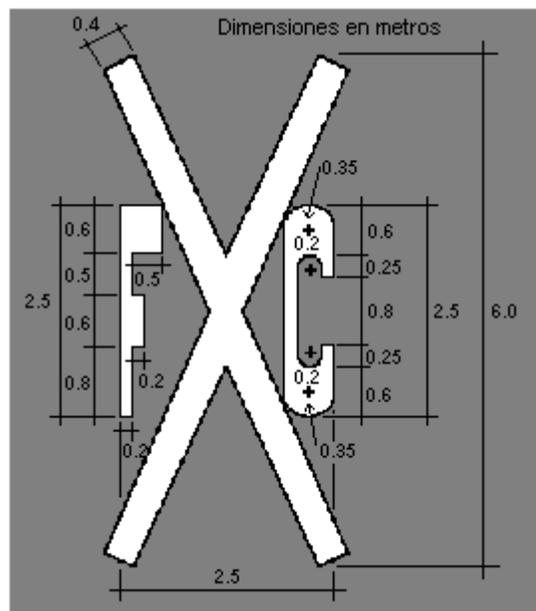
En los casos donde el volumen de peatones sea alto y la cantidad de vehículos que circulan a alta velocidad sea considerable, es recomendable hacer otro tipo de protección para los peatones, como por ejemplo utilizando pasarelas, que son pasos transversales a un nivel diferente que el de la vía.

Otro dispositivo de control lo constituyen las aceras continuas de paso peatonal que se usan en vías locales de baja velocidad (véase sección 2.2.16).

2.2.12 Aproximaciones a cruces de ferrocarril

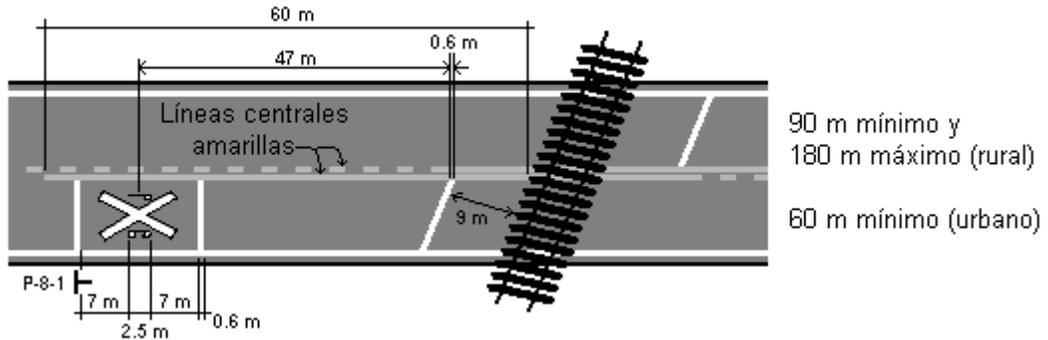
Estas marcas deben colocarse en aproximaciones a cruces con la línea férrea. Debe colocarse sobre el pavimento la demarcación con forma de cruz, junto con las letras FC que significan ferrocarril; las dimensiones y especificaciones se muestran en la figura 15.

Figura 15. Detalle de la marca de ferrocarril



Como se muestra en la figura 16, deben pintarse líneas de barrera y líneas transversales para completar la información, ya que en este caso las demarcaciones sirven como complemento de las señales verticales de alerta de ferrocarriles (P-8-1) y la cruz de San Andrés (R-1-6), así como barreras físicas en los casos necesarios (P-8-2).

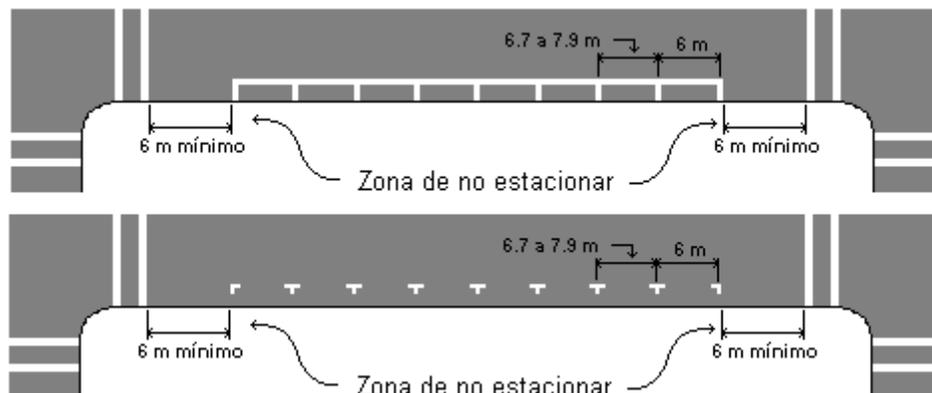
Figura 16. Demarcación típica en aproximaciones a cruces de ferrocarril



2.2.13 Demarcación de zonas para estacionar

Este tipo de marcas ayudan a utilizar eficientemente el espacio disponible para estacionar, a la vez que evita que los conductores se acerquen demasiado a paradas de buses, esquinas y zonas de carga. La demarcación se hace con líneas blancas continuas, con anchos que van desde los 10 cm a los 15 cm. Usualmente, se utilizan áreas para estacionar con anchos que varían de 2.40 m a 3 m, y cuya longitud se ha determinado dentro del rango de 6.7 m a 7.9 m para lugares internos y 6 m para lugares en los extremos (véase figura 17).

Figura 17. Demarcación de espacios de estacionamiento



2.2.14 Palabras y símbolos demarcados en el pavimento

Las palabras y símbolos sirven para guiar y advertir a los conductores y no para dar mensajes reglamentarios. Estas marcas deben ser de color blanco y alargadas en el sentido de circulación de los vehículos, pues como se sabe, el estrecho ángulo con el cual son observadas, por parte de un conductor que se aproxima, distorsiona su longitud real.

Para mayor velocidad de flujo de tránsito, mayor deberá ser la longitud de las marcas (véase anexo E). El ancho de las palabras debe ser menor que el ancho de carril, excepto en el caso de la palabra ESCUELA.

Si el mensaje consiste en más de una palabra, el texto deberá colocarse de abajo hacia arriba, teniendo el conductor la primera palabra más cerca de él. Nunca deben colocarse más de tres palabras por mensaje y en carreteras de alta velocidad de diseño deben evitarse mensajes de más de una línea; el espacio entre líneas de texto debe ser por lo menos cuatro veces la longitud de las letras.

Estas marcas pueden clasificarse de la siguiente manera:

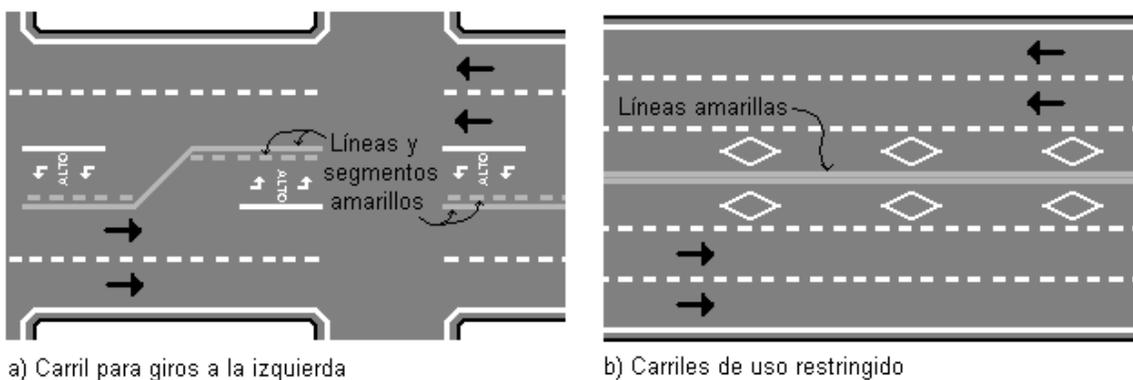
- a) Regulación: CEDA, ALTO, SÓLO (giro a la derecha o a la izquierda), 40 KPH (o la velocidad a indicar) y flechas (véase anexo E).
- b) Prevención: FERROCARRIL, ALTO ADELANTE, ESCUELA Y SEMÁFORO ADELANTE.
- c) Información: señales de identificación de rutas.

2.2.15 Demarcaciones que controlan el uso de carriles

Las demarcaciones de este tipo sirven para controlar el uso de carriles en aproximaciones a intersecciones, indicando cuales son los movimientos permitidos al circular sobre determinado carril. Debe tenerse especial cuidado en colocarlas con suficiente longitud, de tal forma que los conductores tengan tiempo suficiente para decidir sobre qué carril desean circular. Algunas de las demarcaciones que sirven para controlar el uso de carriles son: carriles especiales para giros, carriles de uso exclusivo, carriles reversibles y demarcación de carril especial para el paso por abajo de un puente en arco.

Para carriles de giro, la razón que justifica su uso es en aquellos casos donde existe una gran cantidad de vehículos que hacen esta maniobra y no se desea obstruir el paso vehicular en la vía desde donde se deriva el tránsito. El carril de giro a la izquierda se habilita en el carril central de una vía de cuatro o más carriles y su demarcación consiste en líneas de barrera externas y líneas segmentadas internas, ambas de color amarillo (véase figura 18.a).

Figura 18. Demarcaciones que controlan el uso de carriles



Las demarcaciones para carriles exclusivos o preferenciales se utilizan para indicar que sólo vehículos de emergencia o, en algunos casos, vehículos de transporte público pueden hacer uso de este carril (véase figura 18.b). La marca de diamante, la cual se usa para advertir que se trata de un carril preferencial, consiste en líneas blancas de 15 cm de ancho, teniendo la figura completa, 75 cm de ancho y 3.65 m de largo. Estas demarcaciones deben completarse con las señales verticales (R-9-1) y (R-9-2).

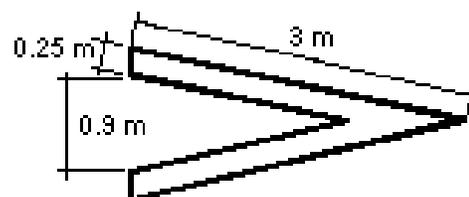
Carril reversible es aquel que durante el transcurso del día, el sentido de circulación varía según los requerimientos del tráfico; un ejemplo podría ser el alto volumen vehicular a determinadas horas (véase figura 19).

Figura 19. Demarcación de carril central reversible



Esta demarcación consiste en marcas blancas tipo chevron apuntando hacia ambos lados de la vía (véase figura 20), junto con dos líneas segmentadas de color amarillo a ambos lados del carril.

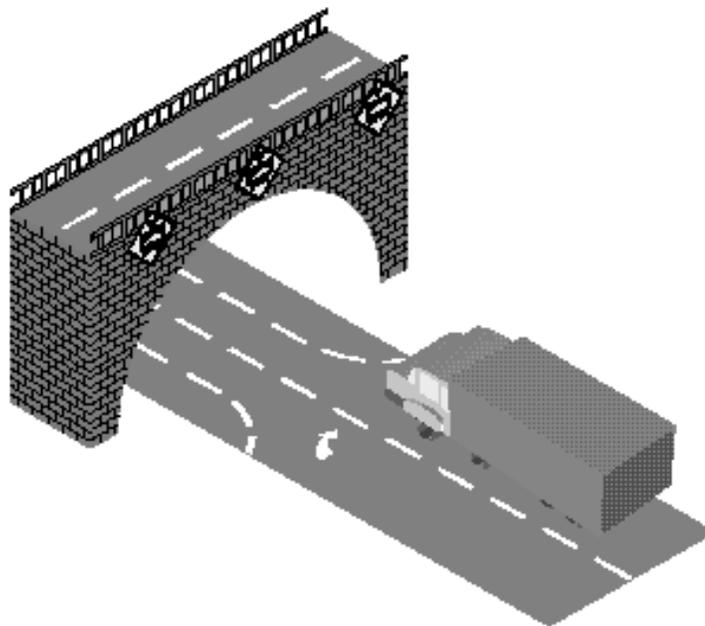
Figura 20. Detalle de marca tipo chevron



En vías donde el tránsito es constante sobre los carriles adyacentes al reversible, es necesario advertir, a través de conos o algún otro medio, cuál es el sentido de circulación que corresponde a determinado horario. Es necesario completar la información con las señales verticales (R-5-1) y (R-5-2).

Es necesario hacer algún tipo especial de demarcación para carriles bajo puentes del tipo arco, pues en algunos casos la altura obliga a los vehículos pesados a pasar en el centro de la vía (véase figura 21).

Figura 21. Demarcación de carril bajo puente de arco



En estos casos es conveniente demarcar sobre el pavimento líneas blancas, advirtiendo a los conductores de vehículos altos que deben pasar en el centro de la vía y, al mismo tiempo, advirtiendo a los conductores de vehículos livianos sobre la maniobra que harán determinados vehículos. Debe colocarse además, la señal vertical (P-5-9).

2.2.16 Reductores de velocidad

La localización de estos dispositivos se encuentra generalmente en zonas residenciales, en donde los habitantes buscan evitar que los vehículos transiten a excesiva velocidad poniendo en peligro la vida de los residentes.

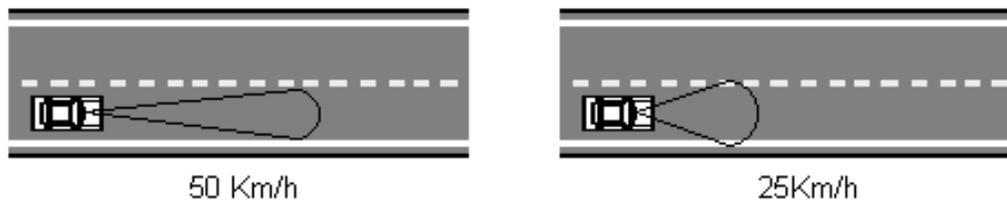
Estos dispositivos pueden ser usados en cualquier zona donde se tenga un alto índice de accidentes y donde a través de la reducción de la velocidad se disminuya la incidencia; junto a estos dispositivos deben colocarse señales verticales de prevención que indiquen su presencia.

También pueden servir para calmar el tránsito, ya que al tener un reductor de velocidad se reduce el volumen de vehículos, el ruido, la contaminación, el deterioro de la superficie de rodadura y los accidentes. A continuación se presentan algunas de las ventajas al utilizar reductores de velocidad.

2.2.16.1 Cono visual

La velocidad modifica el cono de atención del conductor, a mayor velocidad el cono de atención disminuye y es más difícil observar a personas que desean cruzar, niños que juegan, etcétera (véase figura 22).

Figura 22. Aumento de la visual lateral al disminuir la velocidad



2.2.16.2 Severidad de impacto

Es fácil concluir que a menor velocidad de colisión, las lesiones causadas por un vehículo en movimiento contra un peatón, son de menor gravedad y por lo tanto disminuye la probabilidad de fallecer al ser atropellado (véase tabla II).

Tabla II. Probabilidad de morir atropellado según velocidad de impacto

Velocidad de colisión	Probabilidad de defunción
80 Km/h	100 %
60 Km/h	85 %
40 Km/h	30 %
20 Km/h	10 %

Fuente: Secretaría de Integración Económica Centroamericana. **Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito**. Pág. 237

2.2.16.3 Distancia de frenado

Aumenta la probabilidad de frenar a tiempo, ya que a una velocidad relativamente pequeña el tiempo requerido para percatarse de algún obstáculo en la vía y el tiempo de reacción es menor.

Con el objeto de alcanzar los beneficios anteriormente descritos, existen varias formas para reducir la velocidad, entre ellas están:

- Acera de paso peatonal
- Reductor de velocidad tipo lomo, túmulo o policía dormido
- Reductor de velocidad tipo lomo modificado (para paso de autobuses)
- Tachuelones
- Trepidadores o reductores de superficie rugosa

La acera de paso peatonal es una prolongación de la acera a través de un cruce peatonal o una intersección; su uso está restringido a calles locales o de bajo volumen de tráfico como: centros comerciales, áreas recreativas, deportivas o comerciales. Además, deben colocarse señales verticales de alto (R-1-1), ya que los peatones tienen prioridad de paso en estas zonas.

Las dimensiones de este dispositivo obligan a los conductores a reducir considerablemente la velocidad para no deteriorar el vehículo; es recomendable un ancho de 2.75 m con la finalidad de que cualquier vehículo liviano pueda quedar con sus dos ejes sobre el dispositivo (véase figura 23), como límite inferior se tiene 1.80 m de ancho, que es la distancia dentro de la cual pueden pasar longitudinalmente tres personas al mismo tiempo.

Figura 23. Acera de paso peatonal



Debe existir una elevación gradual entre la acera de paso peatonal y la calle, de tal cuenta se recomienda una pendiente de 8 cm de alto por cada 90 cm de largo. La acera debe construirse de concreto reforzado, aunque las transiciones pueden hacerse de asfalto.

El dispositivo reductor de velocidad más común es el túmulo o policía dormido, tanto por su bajo costo de construcción como por su efectividad. El perfil de la sección transversal puede ser circular, trapezoidal, triangular o parabólico; todas estas secciones son efectivas, aunque las más suaves evitan el deterioro de los vehículos.

Estos reductores deben tener para velocidades menores a 40 Km/h, una altura de 8 cm y un ancho entre 60 cm y 90 cm; para velocidades mayores de 40 Km/h, se recomienda una altura de 10 cm y un ancho de 3.65 m. Deben pintarse de color amarillo y además debe indicarse su presencia a través de señales verticales (P-9-12) a una distancia mínima de 15 m; debe procurarse dejar como mínimo un espacio de 30 cm a cada lado del dispositivo para el libre paso de la esorrentía.

Al igual que todos los reductores de velocidad, su uso está restringido a zonas de bajo volumen de tránsito y no deben colocarse en vías primarias o secundarias; tampoco deben instalarse en calles con pendientes mayores al 3% y deben ubicarse por lo menos a 25 m antes de una esquina (véase figura 24).

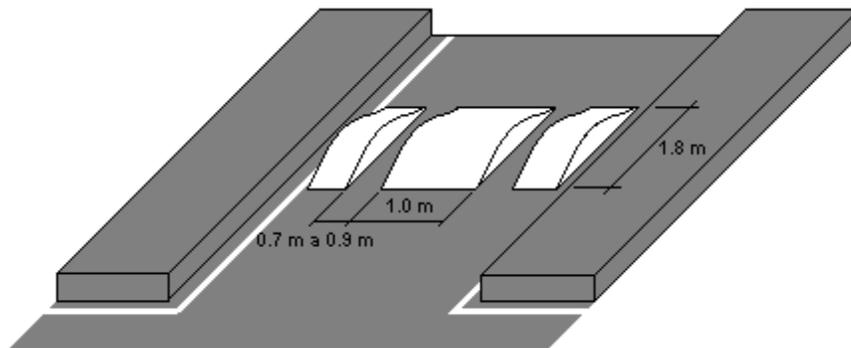
Figura 24. Reductor de velocidad tipo lomo o túmulo



Los reductores de velocidad anteriormente descritos están prohibidos para vías establecidas como rutas de autobuses, en tales circunstancias existe el reductor de velocidad tipo lomo modificado que permite el paso de autobuses y al mismo tiempo tranquiliza el tráfico. La modificación consiste en la habilitación de dos canales por los cuales las llantas de los autobuses pueden pasar y donde los vehículos normales no, debido a la diferencia de ancho de los ejes.

Las especificaciones para este dispositivo son las mismas que para los túmulos, pero con un ancho típico de canales que oscila entre 70 cm y 90 cm, y una distancia entre bordes internos de 1.0 m (véase figura 25).

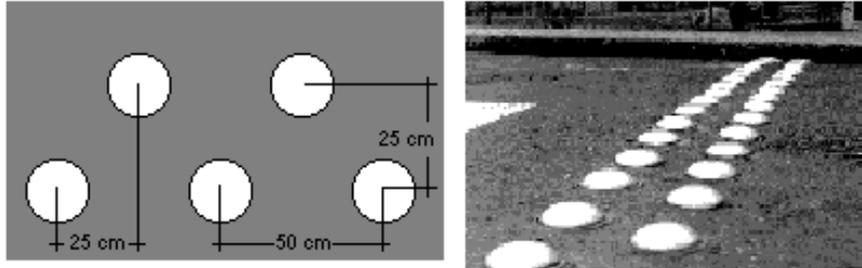
Figura 25. Reductor de velocidad tipo lomo modificado



Los tachuelones son elementos con forma de hongo que se incrustan o pegan en el pavimento en hileras dobles con la finalidad de que vehículos livianos no evadan el dispositivo. Deben colocarse, además, señales verticales (P-9-14) que adviertan su presencia en un rango de 15 m a 75 m de distancia.

Los tachuelones por ser de menor tamaño que otros reductores de velocidad, causan menos incomodidad y reducen el deterioro de los vehículos, por eso se permite su utilización en vías con velocidades mayores de 60 Km/h pero menores de 80 Km/h (véase figura 26).

Figura 26. Detalle de colocación de tachuelones



Es necesario hacer notar que los tachuelones y las boyas son dispositivos diferentes, tanto en dimensiones como en el tipo de material del que se componen (cerámica y metal respectivamente); en nuestro medio la utilización de boyas como un tipo de reductor de velocidad se ha generalizado; sin embargo, por ser elementos de mayor altura que los tachuelones, provocan entorpecimiento del tránsito a la vez que crean una superficie irregular.

Los trepidadores o reductores de superficie rugosa, consisten en una serie de elementos rugosos de concreto que se extienden a todo lo ancho de una calzada en una longitud de por lo menos 10 m. Esta superficie funciona produciendo sonido y una fuerte vibración, alertando y llamando la atención de los conductores.

Para que funcione efectivamente, este dispositivo debe colocarse en tres series separadas en 21 m, quedando el último trepidador a 5 m de la línea de parada (véase figura 27). Deben colocarse señales verticales (P-9-13) a por lo menos 75 m de distancia y en ambos sentidos de circulación.

Figura 27. Serie de trepidadores



2.3 Demarcación para restringir estacionamiento

Las demarcaciones para restringir estacionamiento pueden ser de color amarillo, rojo, azul y verde; hay que hacer notar que el color blanco no tiene una función específica y debe descartarse su uso.

Debe cubrirse la cara y la parte superior del borde de la acera, si no la hay, deberá marcarse una línea sobre el pavimento. El significado de cada color se describe a continuación:

- **Amarillo:** prohibido estacionarse bajo ciertas condiciones u horarios que deberán indicarse a través de señales verticales (R-8-1) y (R-8-6)
- **Azul:** estacionamiento exclusivo para discapacitados las 24 horas, todos los días. Debe colocarse además la señal (R-8-29) y pintarse sobre el pavimento la figura que se muestra al final del anexo E
- **Rojo:** prohibido estacionarse o detenerse a cualquier hora o bajo cualquier circunstancia. Pueden utilizarse señales verticales de la serie (R-8)
- **Verde:** permitido estacionarse, sujeto a cierto horario o límite de tiempo indicado por señales verticales (R-8-26) y (R-8-27)

3. DEMARCACIÓN DE ISLAS EN EL PAVIMENTO

3.1 Aspectos generales

3.1.1 Definición

Una isla es la zona dispuesta entre carriles con sentidos de circulación opuestos, cuya finalidad es controlar y distribuir el tránsito a la vez que sirve como área de refugio para peatones. Una isla puede delimitarse por medio de pintura, barras verticales, tachuelones, postes, bordes de pavimento, boyas, etcétera; también puede considerarse como una isla la zona de protección para rampas de entrada y de salida.

3.1.2 Clasificación

Según la función que desempeñan, las islas se dividen en:

- a) Islas de refugio de peatones.
- b) Islas para división de tráfico.
- c) Islas para canalización de tráfico.

La mayoría de las islas cumplen con dos o tres de las funciones antes mencionadas, así por ejemplo, una isla de división sirve a la vez como isla de refugio de peatones.

3.1.3 Islas de refugio de peatones

Este tipo de islas se utiliza con la finalidad de proporcionar a los peatones una zona de seguridad dentro de la cual puedan detenerse en los casos donde no sea posible atravesar el ancho de la calzada de una sola vez. Su necesidad se hace evidente en zonas urbanas con alto volumen de vehículos y un considerable volumen de peatones.

3.1.4 Islas para división del tránsito

Este tipo de isla sirve para dividir el tránsito con sentido opuesto; también pueden usarse para separar el tránsito con la misma dirección, por ejemplo en los casos donde se divide un carril de cruce a la izquierda o donde se separan los carriles de servicio local (véase figura 28).

Figura 28. Isla para división del tránsito



Las islas para división de tránsito sirven también para guiar a los vehículos en los casos donde existe un obstáculo dentro de la calzada.

Uno de los beneficios más importantes que se obtienen al colocar este tipo de islas es cuando sirven como bahía o carril de giro a la izquierda, ya que evita el entorpecimiento del flujo vehicular principal (véase figura 4.b).

3.1.5 Islas para la canalización del tránsito

La función que desempeñan estas islas es la de controlar y dirigir a los conductores hacia la ruta que desean seguir, de forma similar a las líneas de canalización descritas en la sección 2.2.6.

3.2 Diseño

3.2.1 Elementos de diseño

Para la colocación de una isla es necesario hacer un estudio acerca de la viabilidad del mismo, ya que debe considerarse que se utilizará espacio que bien podría utilizarse para la circulación de vehículos. La forma que deben tener las islas debe ajustarse a la función que desempeñan y deberán adaptarse al movimiento natural del flujo vehicular y no representar un riesgo para la vida.

Las islas deben poder verse con anticipación y en todo momento; deben ocupar el mínimo de espacio funcional, pero a la vez deben ser lo suficientemente grandes para evitar que los conductores la golpeen o pasen por encima.

3.2.1.1 Islas de refugio de peatones

Para la colocación de una isla de refugio de peatones deben tenerse como mínimo dos carriles para cada sentido de circulación.

Es recomendable que la isla consista en una plataforma elevada para que los peatones tengan la sensación de seguridad; es necesario dejar una parte a nivel del pavimento para el paso de sillas de ruedas, personas discapacitadas, carruajes para niños, etcétera.

Las islas de refugio deben tener como mínimo 1.20 m de ancho y una longitud mínima de 3.65 m o el ancho del paso peatonal, cualquiera que sea el mayor; esta longitud incluye secciones a nivel del pavimento si las hubiere.

3.2.1.2 Islas para división de tráfico

Una isla divisoria es un elemento importante en el diseño de avenidas y bulevares. Debe tenerse cuidado en la colocación de este tipo de islas en calles o arterias importantes, ya que se impedirá el acceso directo a los lugares al lado izquierdo de la vía, aunque con ello se reducirá también el entorpecimiento del tránsito.

En los casos donde sea posible, la isla divisoria deberá proporcionar protección a los vehículos que giren a la izquierda en intersecciones. Son deseables las islas de 6 m de ancho, aunque aquellas con 3.65 m pueden acomodar un carril o bahía de giro mínimo de 3.05 m. Cuando el ancho disponible para la isla divisoria es de 1.20 m o menos, deberá demarcarse a través de dispositivos remontables o marcas en el pavimento.

3.2.1.3 Islas para canalización de tráfico

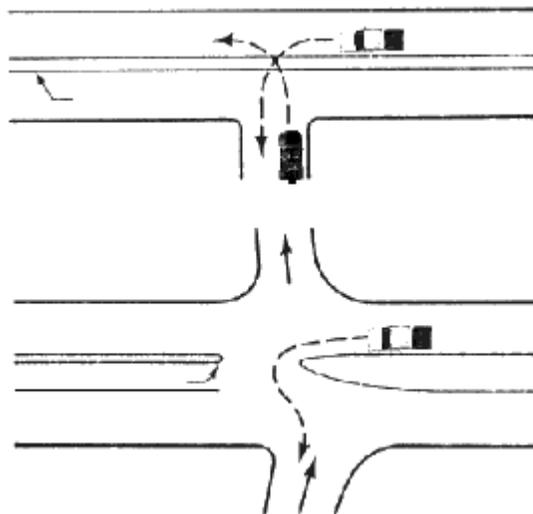
La forma y el tamaño de las islas canalizadoras varía dependiendo del tipo de intersección, es aconsejable probar con una demarcación temporal antes de instalar cualquier elemento definitivo.

Para este tipo de islas, el área que ocupen debe ser reducida al mínimo para no afectar las demás condiciones de la intersección; generalmente se construyen como plataformas de concreto, aunque en la actualidad es común observar islas canalizadoras empleando boyas (véase figura 29).

Figura 29. Isla canalizadora



Figura 30. Islas que evitan movimientos indeseables



Isla divisoria que evita los giros a la izquierda de los vehículos que entran y salen de las vías secundarias

Diseñando radios en las esquinas de la intersección, desincentiva movimientos peligrosos en las rampas de autopistas especiales

La forma triangular es la más común para islas canalizadoras, permitiendo por ejemplo, distribuir el tránsito proyectado hacia determinada dirección. Como puede observarse en la figura 30, las islas también ayudan a evitar movimientos peligrosos en intersecciones.

3.2.2 Tamaño y forma

Generalmente las islas son de forma alargada o triangular y su diseño debe estar integrado a las condiciones de la calle o intersección. El tamaño de la isla dependerá de la función que deba desempeñar, pero además debe cumplir con las dimensiones mínimas que se han establecido con la finalidad de que puedan ser observadas por los conductores.

En zonas rurales el área mínima es de 7 m², aunque en condiciones extremas se acepta un área de 4.6 m². Para zonas urbanas con baja velocidad de tránsito se tiene un límite de 4.6 m² en condiciones normales y 3.25 m² para condiciones limitadas. Una isla alargada de 1.20 m de ancho debe tener preferiblemente 6.1 m de largo, aunque se acepta como mínimo 3.65 m.

3.2.3 Delimitación

Existen tres formas diferentes para delimitar las islas, la utilización de cada método dependerá de la forma, ubicación y función que desempeñen.

3.2.3.1 Delimitación por medio de bordillos

Elevar la zona del pavimento que comprende la isla y delimitarla con bordillos; para la parte interna se utiliza como relleno asfalto, tierra o cualquier otro material.

3.2.3.2 Delimitación por medio de marcas

Utilizando marcas en el pavimento; son empleadas cuando el espacio es limitado y la velocidad del tránsito es baja.

3.2.3.3 Delimitación por contraste de materiales

Dejando la zona sin pavimento y al mismo nivel que la vía, colocando además: postes, columnas o cualquier otro medio. En islas de gran tamaño, debe delimitarse la zona a través de bordillos o a través de contrastes de color y materiales, como césped, arbustos, tierra, señales o combinaciones de éstos.

En algunos casos se utilizan barras, tachuelones o boyas para delimitar una isla o parte de ella; en caso de utilizarse estos medios, es necesario que los elementos sobresalgan entre 2.5 cm a 7 cm sobre el nivel del pavimento, la finalidad es que al momento de invadir la isla un vehículo, el conductor se dé cuenta del error sin que por ello pierda el control del mismo (véase figura 31).

Figura 31. Demarcación de islas por medio de boyas



3.3 Iluminación y reflectorización

Debe evitarse la colocación de islas en zonas donde no se puedan iluminar y reflectorizar adecuadamente. La iluminación de las islas debe ser suficiente para mostrar el contorno de las mismas al igual que las trayectorias que deberán seguir los vehículos, teniendo mayor cuidado en las posibles zonas de conflicto como: la cercanía de postes, bordillos, defensas u otras estructuras. La reflectorización se hace necesaria durante la noche para los casos donde la iluminación pueda fallar o sea deficiente.

3.4 Señales auxiliares

La seguridad y eficiencia de las zonas adyacentes a las islas dependerá tanto del diseño de las mismas como de la oportuna información que se proporcione acerca de su presencia. En el caso donde los vehículos tengan que pasar por la derecha de una isla se deberá usar la señal vertical de mantenga su derecha (R-6-7 ó R-6-8); se colocará la señal (R-6-9) y la señal preventiva (P-11-3) cuando los vehículos puedan pasar a ambos lados de la isla (véase anexo G).

Otro tipo de señales que pueden ser de utilidad son las de prohibición de giros (R-3-3b y R-3-4b), no entre (R-3-2a), no hay vía (R-3-2b) y una vía (R-15-8 y R-15-9).

Las señales verticales deberán colocarse a una distancia aproximada de 15 m antes de la isla, de esta forma los conductores podrán anticipar su presencia. En los casos donde las islas estén indicadas por marcas en el pavimento no es necesaria la señalización vertical, sin embargo, al colocarlas se hace más eficiente y seguro el transitar por estas zonas.

3.5 Demarcación

Las demarcaciones en el pavimento constituyen un sistema ininterrumpido de marcas que sirven para definir la trayectoria que deben de seguir los vehículos a través de las islas. Las marcas deberán ser de color amarillo o blanco, según sean los sentidos de circulación que separe. Si la isla es demasiado larga, no es necesario reflectorizar toda el área de bordillo, siempre y cuando se tenga una buena iluminación de la zona.

4. NORMAS Y ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

4.1 Pintura de tránsito

Las pinturas para demarcación o pinturas de tránsito están sometidas a condiciones adversas como: abrasión, contaminantes y factores ambientales; a pesar de todo esto la pintura debe conservar su visibilidad, diurna y nocturna, por medio de sus características de adherencia y resistencia al desgaste.

4.1.1 Características de almacenamiento

Para que la pintura conserve sus propiedades de color, viscosidad y uniformidad, esta debe ser almacenada en envases tapados y alejados de cualquier fuente de calor, además deben ser lugares secos, frescos y limpios. Al mantener inalterables sus características se obtiene: estabilidad en el color, condición indispensable para una efectiva visibilidad; una adecuada viscosidad, permitiendo la aplicación de la pintura con un espesor apropiado.

4.1.2 Preparación de la superficie

Las superficies más comunes para la aplicación de pintura de tránsito son: asfalto y concreto. Es necesario que la pintura no experimente modificaciones en el color al reaccionar con el asfalto; por otra parte, cuando la pintura se aplique a pavimentos de concreto nuevo, éste debe dejarse fraguar durante 28 días mínimo, luego debe aplicarse una solución de una parte de ácido muriático (clorhídrico) por nueve partes de agua común, luego lavar la superficie con agua y después aplicar la pintura.

Debe eliminarse cualquier mugre adherida o polvo que se encuentre sobre el pavimento, ya que éstos impiden el contacto directo y la penetración de la pintura en la superficie, provocando fallas de adherencia y desprendimientos prematuros. Algunos de los métodos comunes para eliminar estas impurezas son: utilizando agua a presión, cepillos manuales, cepillos mecánicos y aire a presión.

4.1.3 Características de aplicación

Dependiendo de la longitud del pavimento, la pintura para demarcación pueden ser aplicadas con brocha, pistola o máquina aplicadora (véase anexo B); deberá obtenerse un espesor de capa mínimo de 400 micrones. Se ha estimado un tiempo de secado entre 30 y 90 minutos, que dependerá si la pintura es acrílica o alquid-caucho y de las condiciones ambientales como temperatura de la superficie, humedad relativa, etcétera.

Durante el día la visibilidad depende únicamente del color de la pintura, pero durante la noche se dificulta su visibilidad en zonas donde la iluminación es deficiente, en tales casos es necesario agregar a la pintura microesferas de vidrio (véase sección 4.3).

Se debe poner especial atención a la viscosidad que posee la pintura, ya que una pintura con alta viscosidad, dificulta la aplicación y provoca que el espesor no sea uniforme, dando como resultado un rápido desgaste de las zonas con menor espesor; por otro lado, si la pintura es poco viscosa, los bordes de la demarcación son indefinidos.

Se debe evitar que el tráfico dañe la pintura recién aplicada, por lo tanto, deben colocarse vallas, conos o cualquier otro elemento que impida el paso de los vehículos (véase figura 32 y anexo D).

Figura 32. Medidas para evitar el paso sobre pintura fresca



Debe tomarse en consideración que la pintura de tránsito seca por evaporación del material volátil y, por consiguiente, a mayor temperatura ambiente más rápido es el secado y a mayor espesor de capa mayor será el tiempo de secado.

4.2 Demarcaciones termoplásticas

4.2.1 Propiedades

La demarcación termoplástica se hace con una resina sintética que a través del calor se suaviza y con el frío se endurece, sin que por ello cambien sus propiedades (véase anexo C).

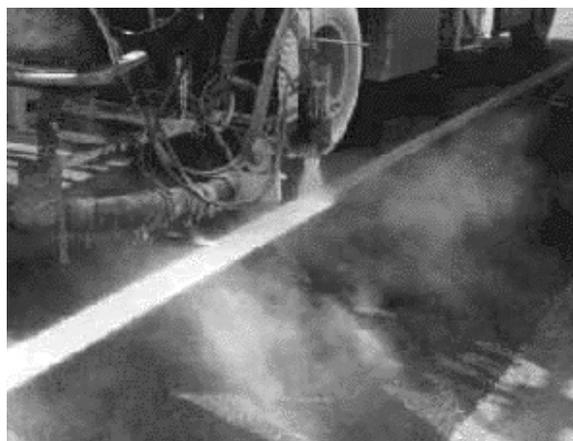
Los componentes que forman las demarcaciones termoplásticas son: el plástico y plastificante (aglutinante), las esferas de vidrio y, el pigmento y los rellenos.

4.2.2 Aplicación

Existen varias clases de demarcaciones termoplásticas y como consecuencia existen varios procedimientos para su aplicación, pero en cada uno deberán considerarse los requerimientos específicos para lograr una adhesión adecuada. Otros factores como el tipo de pavimento, el tipo de demarcación y el tipo de carretera influirán en la selección del método de aplicación.

El espesor de la capa de demarcación podrá modificarse a través del método de aplicación; por ejemplo si se desea un espesor de 3.1 mm, el proceso de extrusión o moldeado es el más adecuado, pero si se desea obtener un espesor de 2.3 mm o menos, el proceso de atomización puede ser el más efectivo (véase figura 33). Las marcas con mayor espesor brindan mejor visibilidad durante noche y bajo condiciones de lluvia.

Figura 33. Proceso de atomización



4.2.3 Acondicionamiento de la superficie

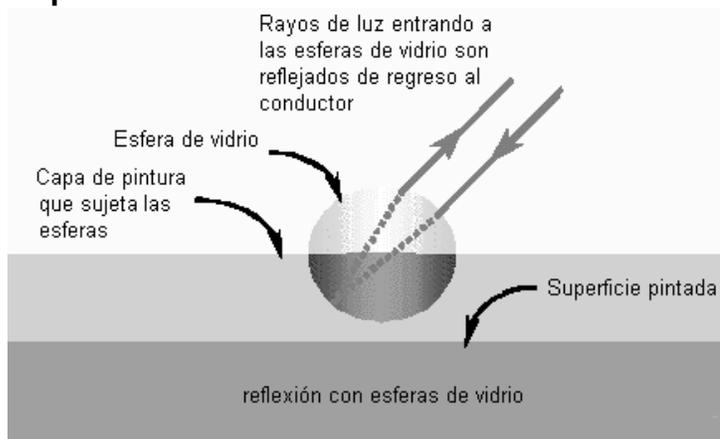
Para la colocación de la demarcación termoplástica, la temperatura ambiente deberá estar por encima de los 10 °C o la especificada por el fabricante. Para obtener una mejor adhesión, previamente deberá limpiarse la zona y aplicarse un primer sellador, que es un sello de imprimación de resina epóxica; el espesor del primer sellador oscila entre 0.05 y 0.13 mm.

Se puede remover la suciedad de la superficie a través del soplado de aire, soplado de arena, soplado de agua, cepillado o esmerilado. El material termoplástico deberá ser aplicado cuando el primer sellador aún está húmedo, el cual tarda 10 minutos en secarse a una temperatura de 23 °C.

4.3 Esferas de vidrio

El principio básico de la reflectividad es, el devolver la luz en forma paralela proveniente de una fuente (véase figura 34), que en este caso es la luz delantera de los vehículos.

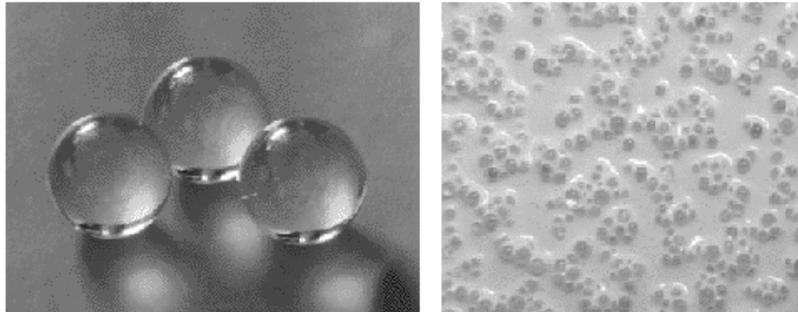
Figura 34. Principio de reflexión



Fuente: www.swarco.com

Las esferas deben ser incoloras, transparentes, lisas y tener forma esférica, además debe evitarse el uso de esferas con picaduras o con exceso de burbujas (véase figura 35).

Figura 35. Esferas de vidrio



Fuente: www.swarco.com

4.3.1 Esferas de vidrio drop-on

Esferas de vidrio tipo drop-on: poseen alta resistencia al desgaste. Su tamaño de partícula es relativamente grande (600 – 1500 μm) y se aplican mediante sembrado o rociado con equipo especial. Se aplican entre 300 a 450 gramos por metro cuadrado de pintura.

4.3.2 Esferas de vidrio premix

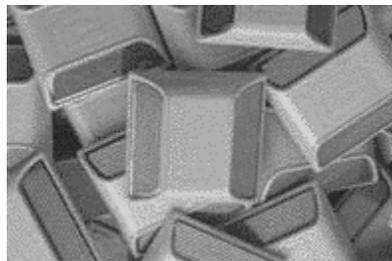
Esferas de vidrio tipo premix: estas esferas se mezclan junto con la pintura antes de la aplicación de la misma. Se utilizan aproximadamente 600 gramos por litro de pintura. Al aplicar la mezcla sobre el pavimento las esferas quedan cubiertas por la pintura, pero la abrasión provocada por el tráfico retira rápidamente esta cubierta. Son de menor tamaño que el tipo Drop-On (1 – 850 μm) y están seleccionadas de tal manera que puedan pasar a través de las boquillas para su aplicación con pistola.

Para mayor información sobre la cantidad de esferas de vidrio a utilizar, tanto para pintura de tránsito como para pintura termoplástica, puede consultarse el apéndice 2.

4.4 Captaluces

Los captaluces tienen la forma de una pirámide truncada y presentan una o dos caras prismáticas reflectivas (véase figura 36). La altura del captaluz no debe exceder los 10.9 mm, el ancho debe ser de aproximadamente 10 cm y la inclinación de las caras reflectivas debe ser tal que permita que los vehículos limpien con los neumáticos la superficie. Debe evitarse el utilizar los captaluces como reductores de velocidad, especialmente si tienen pernos para sujetarse.

Figura 36. Captaluces



Fuente: www.semex.com.mx

Los captaluces pueden dividirse de la siguiente manera:

- Tipo A: dos caras prismáticas reflectivas, un color
- Tipo B: una cara prismática reflectiva, un color
- Tipo D: una cara prismática reflectiva, dos colores
- Tipo E: dos caras prismáticas reflectivas, dos colores

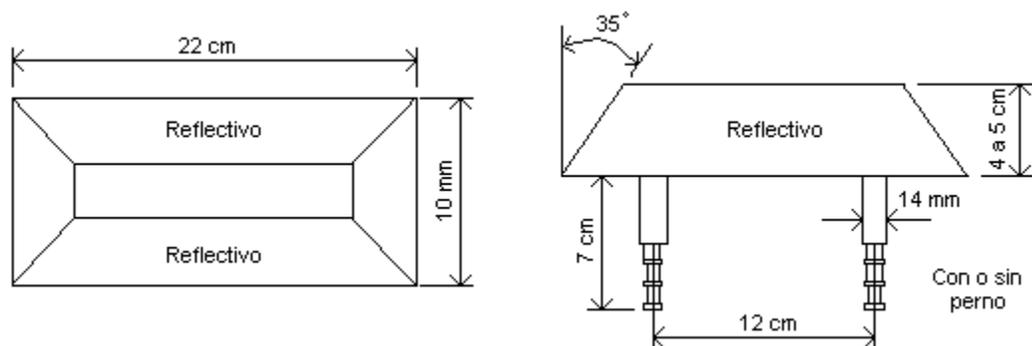
Los colores que reflejan los captaluces son: rojo, blanco, amarillo y azul (véase anexo C). Para la colocación de estos dispositivos se utiliza pegamento bituminoso en superficies de asfalto y pegamento epóxico en superficies de concreto.

4.5 Supervialetas o vialetones

Estos dispositivos se utilizan como reductores de velocidad, como protección en pasos peatonales, para separar carriles exclusivos de autobuses, etcétera. Algunas de sus especificaciones se muestran a continuación:

- Fabricadas con plástico o hierro fundido
- Resistencia al impacto de 20 toneladas
- La cara reflectiva debe estar hecha con esferas de vidrio incrustadas en el plástico o con papel reflectivo en el caso de los hechos con hierro fundido
- Dimensiones: 20 cm de largo, 10 cm de ancho y, entre 4 y 5 cm de alto
- Colores: rojo, amarillo y blanco, y con una o dos caras reflectivas
- Con pernos de 14 mm de diámetro y longitud de 7 cm (véase figura 37 y anexo C)

Figura 37. Supervialetas o vialetones



CONCLUSIONES

1. La atención a las señales de tránsito es un tema que debe ser estudiado con profundidad, ya que no se tiene un cálculo preciso de hasta qué punto la información que se proporciona a través de las señales de tránsito es efectivamente procesada por los usuarios, y si es entendida, en qué medida es respetada.
2. La pintura para demarcaciones provista de elementos reflectivos, en conjunto con los llamados captaluces, son un medio efectivo a través del cual los conductores pueden trasladarse en forma segura durante la noche, especialmente en zonas donde la única fuente de luz es la del propio vehículo.
3. Cualquier dispositivo de control genera la debida atención de los usuarios de la vía, transmite un mensaje simple y claro, asegura el respeto de las instrucciones transmitidas y, en particular, dar el tiempo necesario para la reacción del conductor.
4. Un alto porcentaje de accidentes ocurren por errores humanos, lo cual deja en apariencia muy poco margen para la intervención efectiva del ingeniero vial; sin embargo, el conocimiento de los factores humanos es esencial para el diseño de carreteras funcionales y a la vez seguras.

5. Si las condiciones de espacio sobre el pavimento lo permiten, las islas son una forma eficiente para controlar y guiar los flujos vehiculares; tengan éstos el mismo sentido o no. Su efectividad radica en lo incómodo y peligroso que resulta el pasar sobre ellas, convirtiéndose así, en una barrera que obliga a los conductores a obedecer las señales que por algún otro medio se expongan.

6. Es fácil deducir que las dos restricciones principales a las que se enfrenta cualquier conductor son: el tiempo de reacción y la visibilidad; por ello, debe tomarse el tiempo necesario para estudiar cada tramo de vía que presente condiciones adversas para los usuarios.

7. La seguridad en las carreteras es un tema íntimamente relacionado con la tecnología automotriz, la educación vial y, sin lugar a dudas, con las prácticas de diseño, construcción, mantenimiento y señalización de carreteras. Es difícil determinar en qué proporción afecta cada uno de estos factores principales y otros de menor impacto, ya que la combinación de todos ellos conduce a resultados diferentes bajo distintas situaciones.

RECOMENDACIONES

1. Educar a los conductores para que puedan interpretar la información proporcionada a través de las demarcaciones en el pavimento y la señalización en general y sobre la importancia de respetar y atender efectivamente dicha información y las consecuencias de no hacerlo.
2. Minimizar los efectos de los puntos críticos o de conflicto, a través del uso de dispositivos apropiados para el control de tránsito y, de ser necesario, construir islas para la canalización o división de los flujos vehiculares.
3. Es importante llevar un registro estadístico de los accidentes, tanto su ubicación física como las personas que intervienen en ellos; el propósito de este control es el de establecer la frecuencia con que ocurren los accidentes de mayor gravedad e impacto, y así, a través de un análisis determinar los puntos críticos en los cuales es necesario aumentar las medidas de precaución o mejorar las ya existentes.
4. Las señales deben emplearse únicamente en aquellos casos donde cumplan una función estrictamente necesaria, ya que una señal mal colocada o innecesaria, provoca irrespeto por parte de los conductores, incluso con aquellas que sí son efectivas.

5. Se deben desarrollar permanentemente programas de señalización en los tramos viales que aún no cuentan con ellos, y de mantenimiento para aquellos donde el deterioro ha reducido su visibilidad y efectividad; esto incluye los estudios necesarios para actualizar aquella señalización ya obsoleta.

6. Cumplir con los convenios referentes a la uniformidad de las señales a los que el Estado se ha suscrito a nivel centroamericano.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Association of States Highway and Transportation Officials. **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**. Disco Compacto, 1994.
2. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. **Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes**. Guatemala: s.e., 2000.
3. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. **Instructivo de Dispositivos Temporales para Seguridad en Carreteras**. Guatemala: s.e., 2001. 42 pp.
4. Reyes Guzmán, Soel Rodolfo. Consideraciones sobre Señalización Vial y sus Costos en Carreteras. Tesis Ing. civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1989. 87 pp.
5. Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). **Acuerdo Centroamericano sobre Circulación por Carretera**. Guatemala: s.e., 2000. 31 pp.
6. Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). **Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito**, Tomo I, II y III. Guatemala: s.e., 2000.
7. Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). **Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, Tomo I: Condiciones generales y especificaciones técnicas para actividades de mantenimiento contratadas en base a precios unitarios**. Guatemala: s.e., 2000. 121 pp.

8. Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). **Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, Tomo III: Normas y procedimientos de ejecución para mantenimiento vial.** Guatemala: s.e., 2000. 92 pp.
9. Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). **Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales.** Guatemala: s.e., 2001. 325 pp.
10. Vargas Oliva, René Rolando. Propuesta del Manual de Controles de Tránsito para Operaciones de Mantenimiento y Construcción de Vías Urbanas e Instalaciones que la Afecten. Tesis Ing. civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1987. 50 pp.
11. www.semex.com.mx
12. www.swarco.com

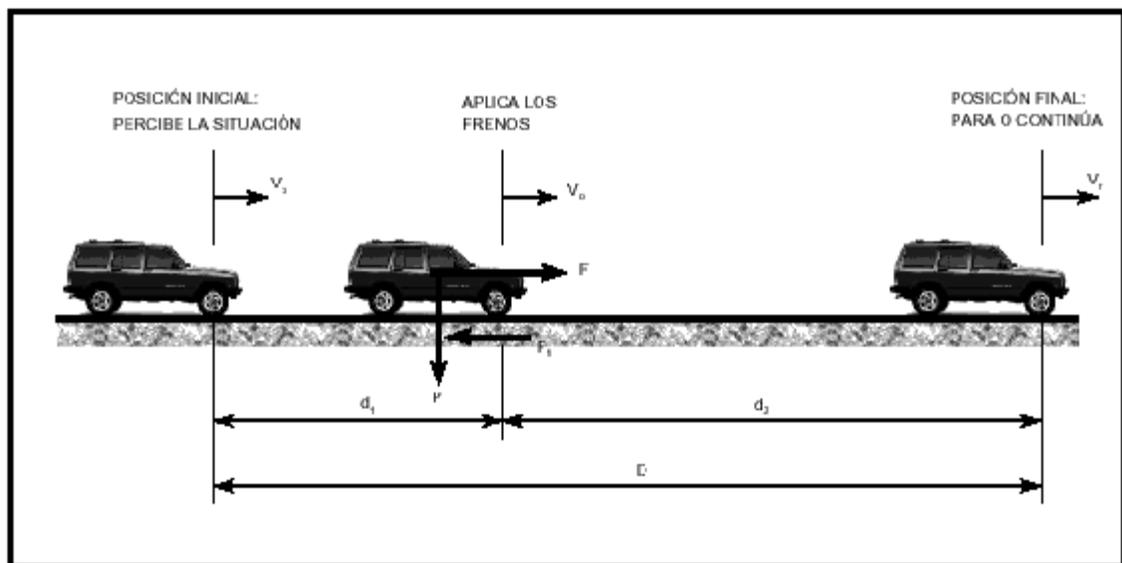
APÉNDICE 1

DISTANCIAS DE VISIBILIDAD EN CARRETERAS

Distancia de visibilidad de parada

Esta es la distancia de la cual dispone un conductor para detener su vehículo en movimiento ante una situación de peligro o al percatarse de la existencia de un obstáculo en su recorrido; esta distancia se muestra en la figura 38.

Figura 38. Distancia de visibilidad de parada



Fuente: Secretaría de Integración Económica Centroamericana. **Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales.** Pág. 114

La distancia de visibilidad de parada D , consiste en d_1 que es la distancia que recorre el vehículo entre el punto donde el conductor se da cuenta del obstáculo y el punto donde reacciona ante tal y aplica los frenos, y d_2 que es la distancia de frenado. A través de diversos estudios sobre el comportamiento de los conductores ante situaciones anormales, se ha obtenido que el tiempo de reacción es de 2.5 segundos para los casos más complejos; de esta forma se puede obtener la primera componente de la distancia de visibilidad de parada utilizando simplemente la siguiente expresión:

$$d_1 = 0.278 V t \text{ (metros)} \quad (3)$$

donde: V = velocidad inicial (Km/h)
 t = tiempo de reacción (2.5 segundos)

La distancia de frenado d_2 , se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$d_2 = V^2 / 254 f \text{ (metros)} \quad (4)$$

donde: V = velocidad inicial (Km/h)
 f = coeficiente de fricción longitudinal entre las llantas y la superficie de rodamiento

La variable f no es un valor constante, es un factor que varía inversamente a la velocidad y es afectado por aspectos como la dureza de las llantas, las condiciones de la superficie de rodamiento, el tipo de superficie, las condiciones meteorológicas, la efectividad de los sistemas de frenado de los vehículos, etcétera.

Para cubrir el margen de error que provocan las variables antes mencionadas y muchas otras más, es conveniente seleccionar un factor f que refleje las condiciones más adversas, como puede ser pavimento húmedo, llantas en diferentes condiciones de desgaste, conductores con poca destreza y vehículos en dudoso estado físico; otro factor que se debe tomar en cuenta es que la velocidad de diseño no es la misma que la velocidad promedio de tránsito, generalmente, esta última tiende a ser mayor. Para terreno plano, se muestra en la tabla III la distancia de parada.

Tabla III. Distancias de visibilidad de parada

Velocidad de diseño	Velocidad de marcha	Tiempo de percepción		Coeficiente de fricción	Distancia de frenado	Distancia de parada
		Tiempo (s)	Distancia (m)			
Km/h	Km/h			f	(m)	(m)
30	30 – 30	2.5	20.8 – 20.8	0.40	8.8 – 8.8	30 – 30
40	40 – 40	2.5	27.8 – 27.8	0.38	16.6 – 16.6	45 – 45
50	47 – 50	2.5	32.6 – 34.7	0.35	24.8 – 28.1	57 – 63
60	55 – 60	2.5	38.2 – 41.7	0.33	36.1 – 42.9	74 – 85
70	67 – 70	2.5	43.8 – 48.6	0.31	50.4 – 62.2	94 – 111
80	70 – 80	2.5	48.6 – 55.6	0.30	64.2 – 83.9	113 – 139
90	77 – 90	2.5	53.5 – 62.4	0.30	77.7 – 106.2	131 – 169
100	85 – 100	2.5	59.0 – 69.4	0.29	98.0 – 135.6	157 – 205
110	91- 110	2.5	63.2 – 76.4	0.28	116.3 – 170.0	180 – 246

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials. **A policy on geometric design of highways and streets.** Pág. 120

Para escoger un valor de f apropiado en los casos donde sea necesario tomar en consideración la pendiente de la superficie de rodamiento, se utiliza la fórmula:

$$d_2 = V^2 / 254 (f \pm G) \quad (5)$$

donde: G = porcentaje de la pendiente dividida entre 100, siendo positiva la pendiente en ascenso y negativa en descenso

Las distancias de visibilidad de parada en subida tienen menor longitud que en bajada.

Distancia de visibilidad de adelantamiento

Se considera esta distancia como aquella que necesita un conductor para la acción de adelantar a otro vehículo con velocidad relativa menor y que circula en su mismo carril y sentido, y para lo cual es necesario invadir el carril de sentido contrario sin afectar la velocidad del vehículo que se acerca.

Para simplificar el cálculo de esta distancia se hacen algunos supuestos:

- El vehículo que es rebasado viaja a una velocidad uniforme
- El conductor que está rebasando acelera hasta alcanzar una velocidad promedio de 15 Km/h superior que el vehículo a ser rebasado
- Se toma en cuenta el tiempo de reacción del conductor que realiza la maniobra de adelantamiento
- Debe existir una distancia de seguridad entre el vehículo que se dispone a rebasar y el que se acerca en sentido contrario
- Solamente un vehículo es rebasado por maniobra
- Esta distancia se calcula para carreteras de dos carriles, ya que para carreteras con carriles múltiples esta acción está prohibida

La distancia de visibilidad de adelantamiento consta de cuatro distancias y el cálculo de cada una de ellas se hace de la siguiente manera:

Distancia preliminar de demora d_1

$$d_1 = 0.278 t_1 (V - m + a t_1 / 2) \quad (6)$$

donde: V = velocidad promedio del vehículo que rebasa (Km/h)
 t_1 = tiempo de maniobra inicial (segundos)
 a = aceleración promedio del vehículo que rebasa (Km/h/segundo)
 m = diferencia de velocidad entre el vehículo que es rebasado y el que rebasa (Km/h)

Distancia de adelantamiento d_2

$$d_2 = 0.278 V t_2 \quad (7)$$

donde: V = velocidad promedio del vehículo que rebasa (Km/h)
 t_2 = tiempo de ocupación del carril contrario (segundos)

Distancia de seguridad d_3

Para esta distancia se estableció, a través de la práctica, un rango de seguridad entre 35 y 90 metros.

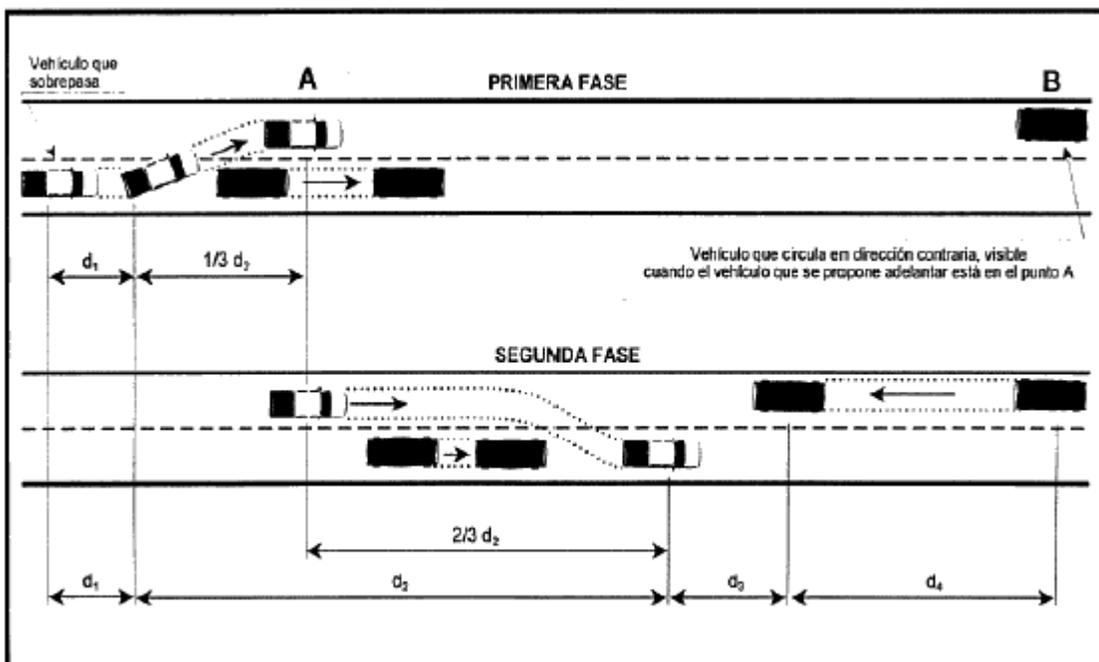
Distancia recorrida por el vehículo que circula en sentido contrario d_4

Es de uso común asignarle a esta distancia un valor de dos tercios de la distancia d_2 .

Como es de suponerse, las condiciones bajo las cuales los vehículos hacen un rebase varían en cada caso, por lo tanto, se deben tomar en cuenta las condiciones que puedan suponer un riesgo para los conductores y en tales casos prohibir la acción de rebase. La pendiente longitudinal podría significar un cambio en las condiciones descritas.

Las cuatro distancias que forman la distancia de visibilidad de adelantamiento pueden observarse en la figura 39.

Figura 39. Adelantamiento en carreteras de dos carriles



Fuente: Secretaría de Integración Económica Centroamericana. **Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales.** Pág. 117

APÉNDICE 2

RENDIMIENTO DE MATERIALES EN DEMARCACIONES

- Se utilizan 2.27 Kg/galón (0.6 Kg/lit) de esferas de vidrio tipo Premix para pintura de tránsito.
- Para pintura de tránsito se utilizan de 0.3 a 0.4 Kg/m² de esferas de vidrio tipo Drop-On.
- Para pintura termoplástica se utilizan 0.5 Kg/m² de esferas de vidrio tipo Drop-On.
- El rendimiento de la pintura de tránsito con un espesor promedio de 0.0004 m (400 µm) es de 9.84 m²/galón (2.6 m²/lit); lo que significa que para líneas continuas de 10 cm y de 15 cm de ancho se pueden pintar, por cada galón de pintura, 98.4 m y 65.6 m respectivamente.
- El rendimiento de la pintura termoplástica depende del espesor de capa, teniendo como rango 2.3 mm y 3.1 mm, siendo su respectivo rendimiento de 1.70 m²/galón (0.45 m²/lit) y 1.25 m²/galón (0.33 m²/lit).
- El adhesivo epóxico utilizado para fijar los captaluces al pavimento rígido se estima entre 20 y 40 gramos por unidad.

- Se necesitan 0.25 galones de pintura de tránsito para pintar una flecha bidireccional.
- Se necesitan 0.12 galones de pintura de tránsito para pintar una flecha recta.
- Se necesitan 0.14 galones de pintura de tránsito para pintar una flecha de giro.
- Se necesita 0.20 galones de pintura de tránsito para pintar un CEDA.
- Se necesita 0.15 galones de pintura de tránsito para pintar un ALTO.
- La máquina demarcadora trabajando 8 horas diarias puede pintar 15 kilómetros.

ANEXO A

REGLAMENTO NORMATIVO EMITIDO POR LA SIECA

Con la finalidad de abarcar única y exclusivamente el tema que nos compete, se omite la presentación de todo el documento normativo denominado Acuerdo Centroamericano sobre Circulación por Carretera, y se presentan solamente las disposiciones en lo referente a la señalización.

TÍTULO II

DISPOSICIONES RELATIVAS A LA CIRCULACIÓN POR CARRETERA Y APLICABLES A TODOS LOS USUARIOS

Artículo 10

Señales

1. Las señales deben sujetarse a las previstas en el Acuerdo Centroamericano sobre Señales Viales Uniformes, vigente.
2. Las autoridades competentes de cada Estado son las únicas indicadas para proceder a la colocación de señales de carreteras.
3. El número de señales reglamentarias se reducirá al mínimo necesario y solamente se colocarán en aquellos lugares donde se consideren indispensables.

4. Las señales de peligro deberán colocarse a suficiente distancia de los obstáculos para que la advertencia sea de utilidad para los usuarios.
5. Se prohíbe colocar sobre las señales reglamentarias, letreros u objetos ajenos a estas.
6. Se prohíbe la colocación de carteles o letreros que puedan confundirse con las señales reglamentarias o dificultar su lectura.

ANEXO B

MÁQUINAS PINTA LÍNEAS

El proceso de demarcación en el pavimento demanda la utilización de algún medio a través del cual sea posible la aplicación de la pintura de señalización de forma rápida y uniforme; de tal cuenta existen máquinas que cumplen con dichos requisitos y cuya única limitación es la utilización de máquinas diferentes para tipos diferentes de pintura; por ejemplo para la aplicación de pintura termoplástica o acrílica es necesario contar con máquinas diferentes, de las cuales se muestra un ejemplo a continuación.

Modelo MP-1077-8

Máquina pinta líneas autopropulsada para la aplicación de pintura de tránsito y equipada con:

1. Depósito para pintura con capacidad para 0.038 m³ (38 lt)
2. Depósito para microesferas de vidrio con capacidad de 17 Kg
3. Motor de 8 HP de combustión interna a gasolina
4. Compresor de 0.33 m³ (11.5 pies³)
5. Pistola atomizadora de pintura
6. Esparcidor de microesferas de vidrio
7. *Switch* disparador de pintura en el manubrio derecho
8. *Switch* de avance automático en el manubrio izquierdo
9. Manómetros de presión

10. Válvulas de seguridad de 18.14 Kg (40 lb) en el tanque de pintura y de 52.15 Kg (115 lb) en el manifold
11. Reguladores de presión
12. Llantas neumáticas de 30.48 cm (12") de diámetro
13. Llanta mecánica de 25.4 cm (10") de diámetro

Figura 40. Modelo MP-1077-8



Fuente: www.semex.com.mx

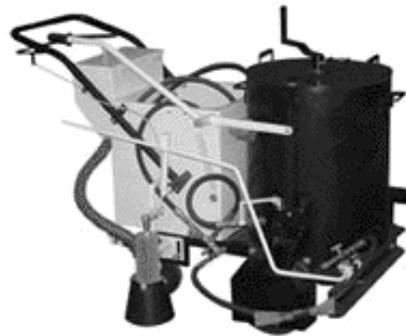
Modelo S-201 (manual)

La máquina aplicadora de material termoplástico está balanceada para operar mediante un chasis montado en 2 llantas de 25.4 cm (10") de diámetro y una giratoria con candado para facilitar el marcado en líneas rectas y curvas.

1. Depósito para material termoplástico con capacidad para 91 Kg
2. Depósito para microesferas de vidrio con capacidad para 25 Kg
3. Cuenta con un sistema que le permite trabajar con moldes intercambiables de 10, 15, 20 y 30 cm de ancho (4", 6", 8" y 12")
4. Esparcidor tipo campana para aplicar la microesferas de vidrio
5. Válvula de seguridad
6. Termómetro bimetálico

7. Agitador manual
8. Tanque extra para cambiar fácilmente de color
9. Juego de moldes de acero intercambiables para aplicar el material termoplástico con dos quemadores de gas para calentarlo y un sistema para cortar la línea

Figura 41. Modelo S-201 (manual)



Fuente: www.semex.com.mx

ANEXO C

MATERIALES DISPONIBLES EN EL MERCADO

La finalidad del presente anexo es la de mostrar una de las muchas opciones que se presentan en el mercado guatemalteco y no precisamente hacer una cotización de la mejor de ellas, ya que las variables que hacen de una oferta la mejor opción varían con el tiempo; tal es el caso de los precios, la calidad y la durabilidad.

De los dos tipos de material termoplástico en el mercado (basado en resinas de hidrocarburos o de resinas alquidádicas), la empresa SEMEX utiliza la segunda fórmula para ofrecer mejor resistencia a la fricción y a los aceites que gotean de los vehículos y que degradan el primer tipo de resina.

Una alta concentración de microesferas de cristal reflejantes y su sistema para evitar que éstas se asienten en el precalentador o en la máquina aplicadora, garantizan una larga vida de las demarcaciones y una buena visibilidad de día o de noche. El material termoplástico se suministra en forma granular para que se derrita fácilmente y se empaca en bolsas termodegradables de 22.5 Kg.

Figura 42. Productos para demarcaciones



Fuente: www.semex.com.mx

Captaluces

Los captaluces están formados por un cuerpo de plástico ABS de alto impacto y una o dos áreas de prismas integrados. Son metalizados al alto vacío y cuentan con un relleno de resinas epóxicas resistentes al impacto.

Tabla IV. Captaluces

Captaluces estándar de 10 cm			
Modelo	Cuerpo	Reflejante	Lados reflejantes
S-301	Blanco	1 Blanco	1
S-302	Blanco	2 Blanco	2
S-303	Amarillo	1 Ámbar	1
S-304	Amarillo	2 Ámbar	2
S-305	Blanco	1 Rojo	1
S-306	Blanco	2 Rojo	2
S-307	Azul	1 Azul	1
S-308	Azul	2 Azul	2

Fuente: www.semex.com.mx

Boyas

Tabla V. Boyas

Modelo	Producto	Material	Dimensiones	Reflejantes
S-506	Boya	Lámina de acero	20 cm.	Sin reflejante
S-507	Boya	Lámina de acero	20 cm.	1 Lado reflejante
S-508	Boya	Lámina de acero	20 cm.	2 Lados reflejantes
S-509	Boya	Lámina de acero	20 cm.	3 Lados reflejantes
S-510	Boya	Lámina de acero	20 cm.	4 Lados reflejantes
S-511	Violetón	Aluminio	Largo: 22 cm. Ancho: 10 cm. Alto: 5 cm.	Sin reflejante
S-307	Violetón	Aluminio	Largo: 22 cm. Ancho: 10 cm. Alto: 5 cm.	1 Lado reflejante
S-308	Violetón	Aluminio	Largo: 22 cm. Ancho: 10 cm. Alto: 5 cm.	2 Lados reflejantes

Fuente: www.semex.com.mx

Figura 43. Boyas y vialetón

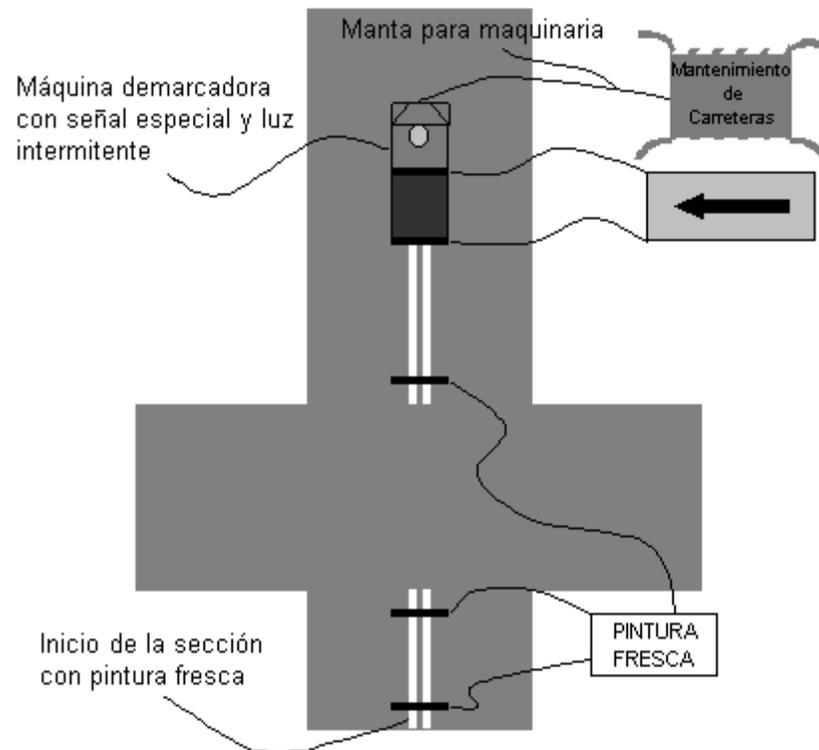


Fuente: www.semex.com.mx

ANEXO D

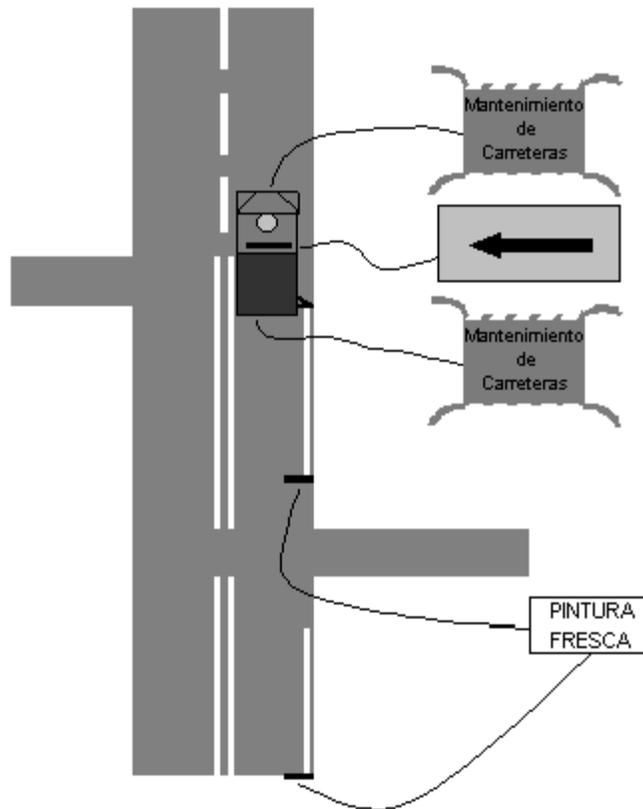
MEDIDAS DE PRECAUCIÓN PARA TRABAJOS DE DEMARCACIÓN EN EL PAVIMENTO

Figura 44. Demarcación de línea central



Fuente: Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. **Instructivo de dispositivos temporales para seguridad en carreteras**. Pág. 24

Figura 45. Demarcación de línea de borde



Fuente: Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. **Instructivo de dispositivos temporales para seguridad en carreteras.** Pág. 25

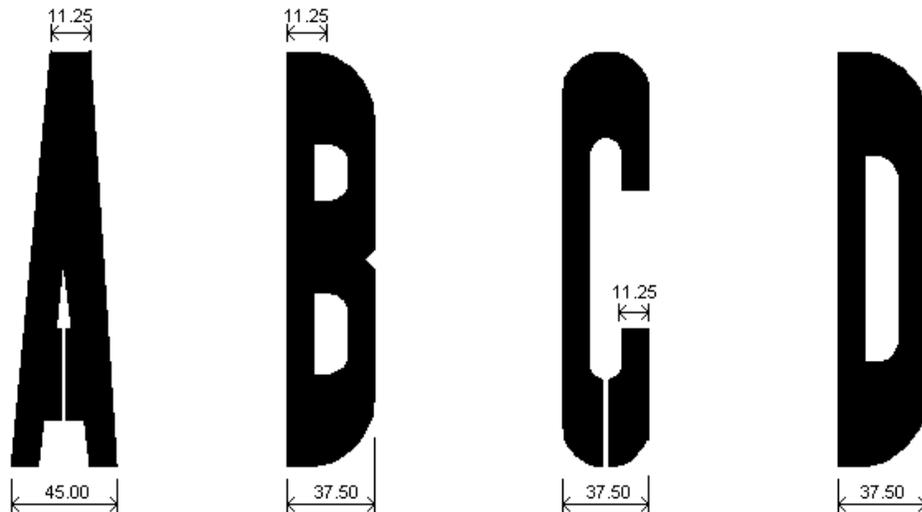
Nota: Los conos que sirven para proteger las marcas frescas, deben espaciarse entre sí a una distancia de cinco metros. Entre intersecciones las señales de PINTURA FRESCA pueden colocarse a cada kilómetro.

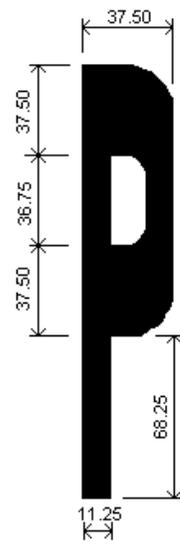
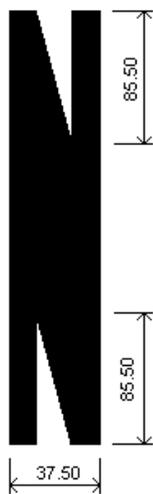
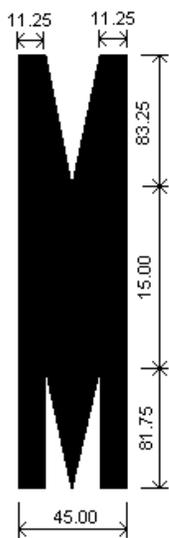
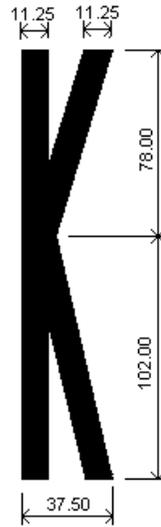
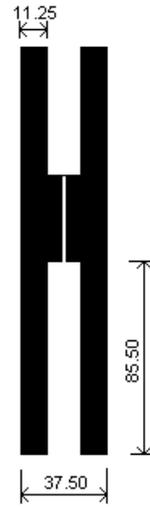
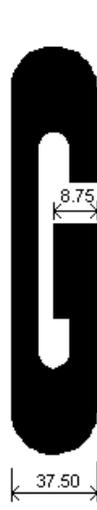
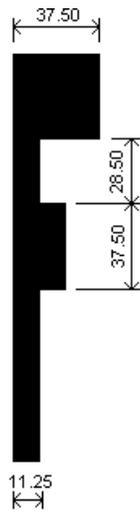
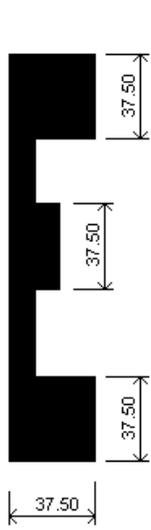
ANEXO E

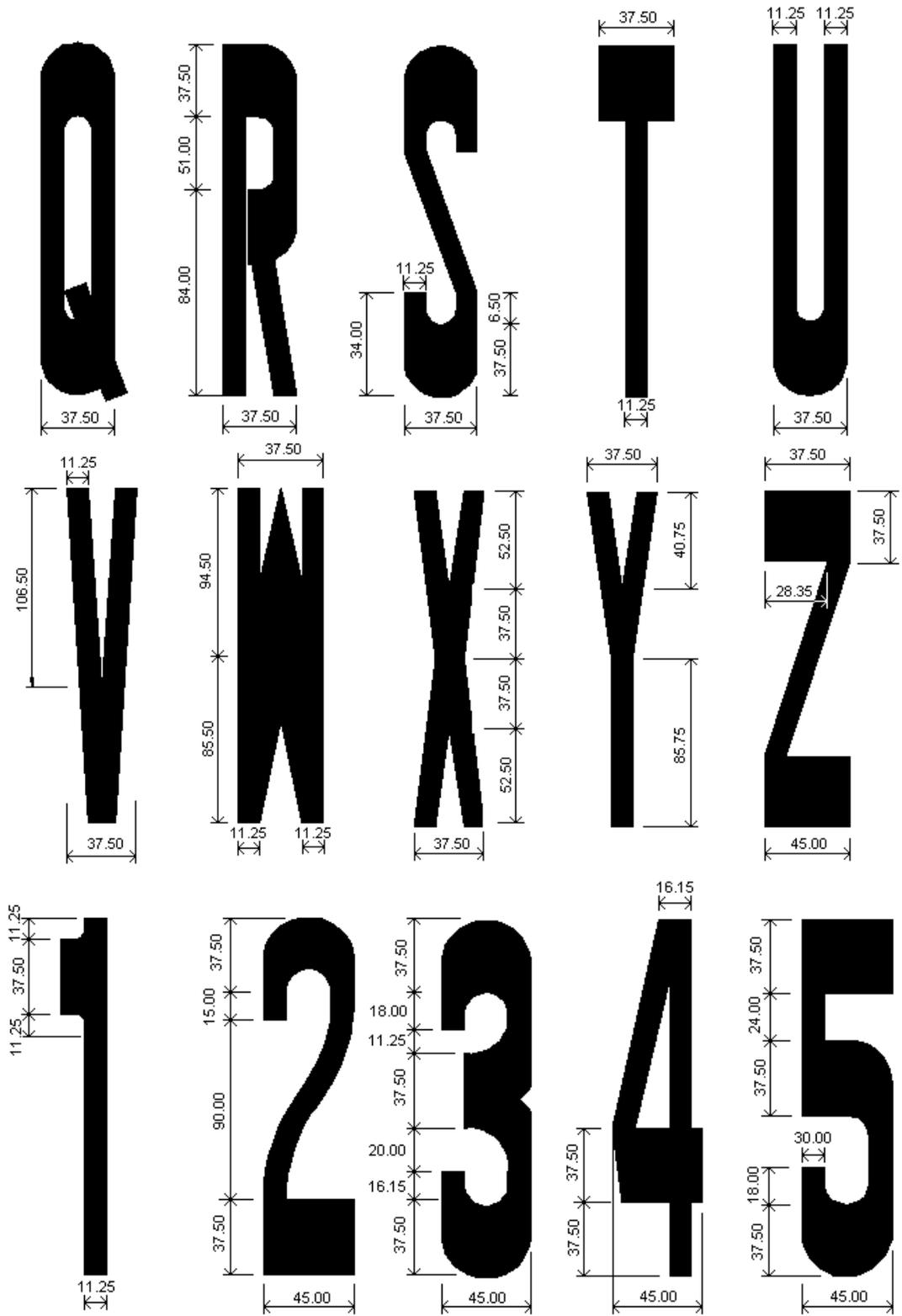
ALFABETO ESTÁNDAR PARA DEMARCACIÓN EN EL PAVIMENTO

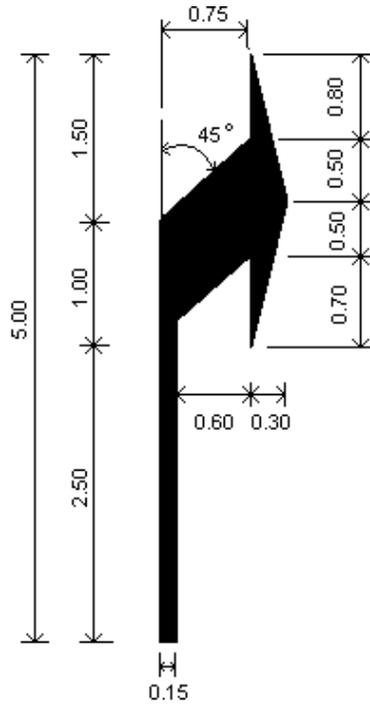
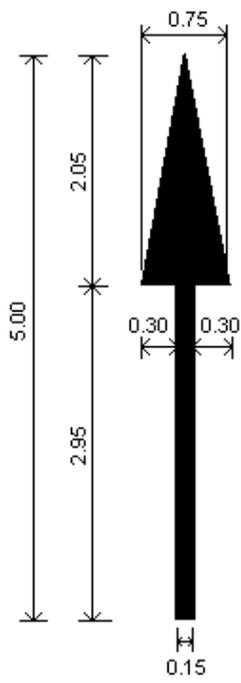
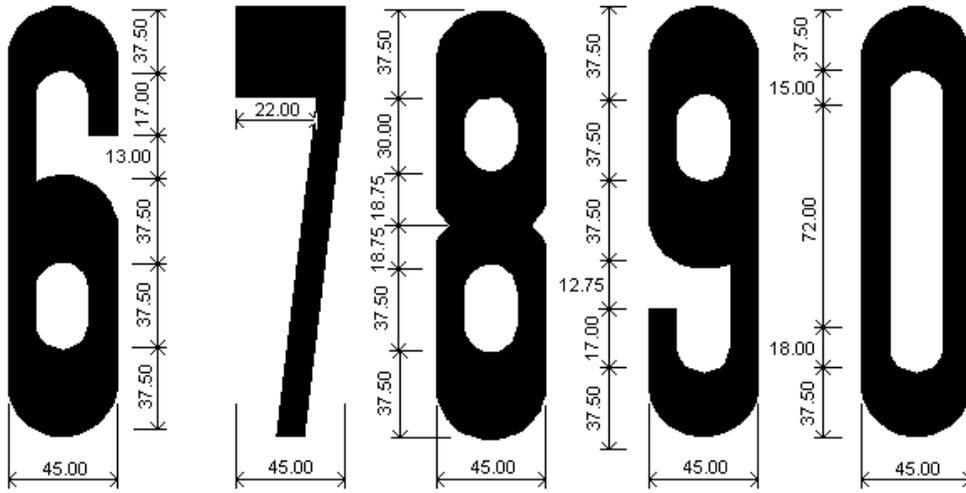
La demarcación de letras y números que se muestra a continuación sirve para velocidades menores a 60 Km/h, en los casos donde sea necesario utilizar este tipo de marcas y donde la velocidad sea mayor que este límite, deberá consultarse el *Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito* en su anexo C. Las dimensiones que se muestran en las figuras están en centímetros y la longitud aproximada de las letras y números es de 1.80 m.

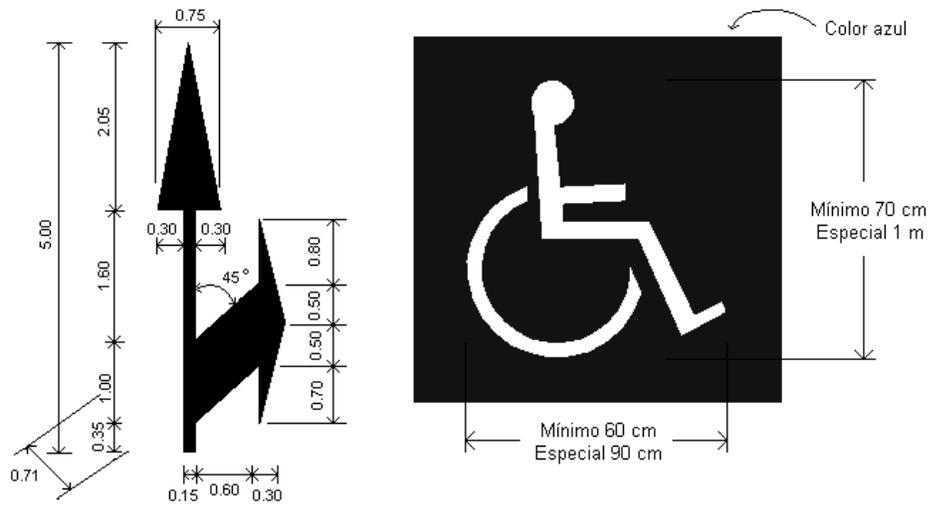
Figura 46. Marcas y símbolos en el pavimento











Fuente: Secretaría de Integración Económica Centroamericana. **Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito.** Anexo C.

ANEXO F

HOJA DE CONTROL PARA MANTENIMIENTO DE DEMARCACIONES EN EL PAVIMENTO

Tabla VI. Normas y procedimientos de ejecución para mantenimiento vial

 SECRETARÍA DE INTEGRACIÓN ECONÓMICA CENTROAMERICANA NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE EJECUCIÓN PARA MANTENIMIENTO VIAL		
ACTIVIDAD		
CÓDIGO No.	NOMBRE: REPINTADO DE LA LÍNEA CENTRAL, LATERALES Y SEÑALES SOBRE EL PAVIMENTO	CATEGORÍA DE MANTENIMIENTO: PERIÓDICA
DESCRIPCIÓN: Repintar las líneas longitudinales continuas y discontinuas del eje o bordes de la carpeta, para la demarcación adecuada de los carriles de tránsito. También otras señales horizontales como altos y flechas		
PROPÓSITO: Proveer a la carretera de una señalización que permita al usuario un tránsito ordenado y seguro		
CRITERIO PARA LA EJECUCIÓN: Se ejecutará esta operación solamente cuando el aspecto climatológico lo permita y las líneas estén despintadas. Debe haber coordinación con otras actividades como: PER – 001 Sello asfáltico, PER – 002 Colocación de capas asfálticas de refuerzo (recapeos en caliente) y PER – 003 Colocación de capas asfálticas de refuerzo (recapeos en frío)		
CANT.	MANO DE OBRA	PROCEDIMIENTO
1	Encargado de señalización	1. Colocar señales y dispositivos de seguridad. 2. Trazar y puntear la línea de acuerdo al reglamento de señalización. 3. Ajustar la máquina para trabajar como corresponda, ya sea en línea continua o discontinua y preparar la pintura de acuerdo a instrucciones del fabricante. 4. Pintar la línea cuidando que la superficie a pintar esté seca y limpia de polvo. 5. Las otras señales que no sean repintables con la máquina, tales como flechas y altos, deben pintarse con brocha, previo dibujo con las dimensiones reglamentarias. 6. Dejar suficiente tiempo para secado, no permitiendo tránsito sobre la línea recién pintada por término mínimo de 20 minutos. 7. Retirar señales y dispositivos de seguridad en orden inverso a como fueron colocados.
4	Peones	
1	Piloto	
1	Operador de máquina pinta líneas	
1	Ayudante de operador	
8	TOTAL	
CANT.	EQUIPO NECESARIO	
1	Camión de estacas	40
1	Máquina pinta líneas	60
CANT.	UNIDAD	MATERIALES
102	gal.	Pintura de tráfico reflectiva
26	gal.	Solvente
CANT.	HERRAMIENTA	
4	Brochas	
1	Cinta metálica	
2	Cordeles	
1	Juego de moldes para pintar señales en el pavimento	
UNIDAD DE MEDIDA		
Kilómetro de línea repintada		
PRODUCCIÓN PROMEDIO POR DÍA:		APROBADO POR:
17 Km de línea repintada / día		FECHA:

Fuente: Secretaría de Integración Económica Centroamericana. **Normas y procedimientos de ejecución para mantenimiento vial.** Pág. 54

ANEXO G

SEÑALES VERTICALES AUXILIARES

El presente documento se refiere a las demarcaciones en el pavimento; evidentemente la señalización de cualquier calle o carretera abarca también las señales verticales, algunas de ellas estrechamente relacionadas con las demarcaciones; por eso, se presentan las señales verticales imprescindibles.

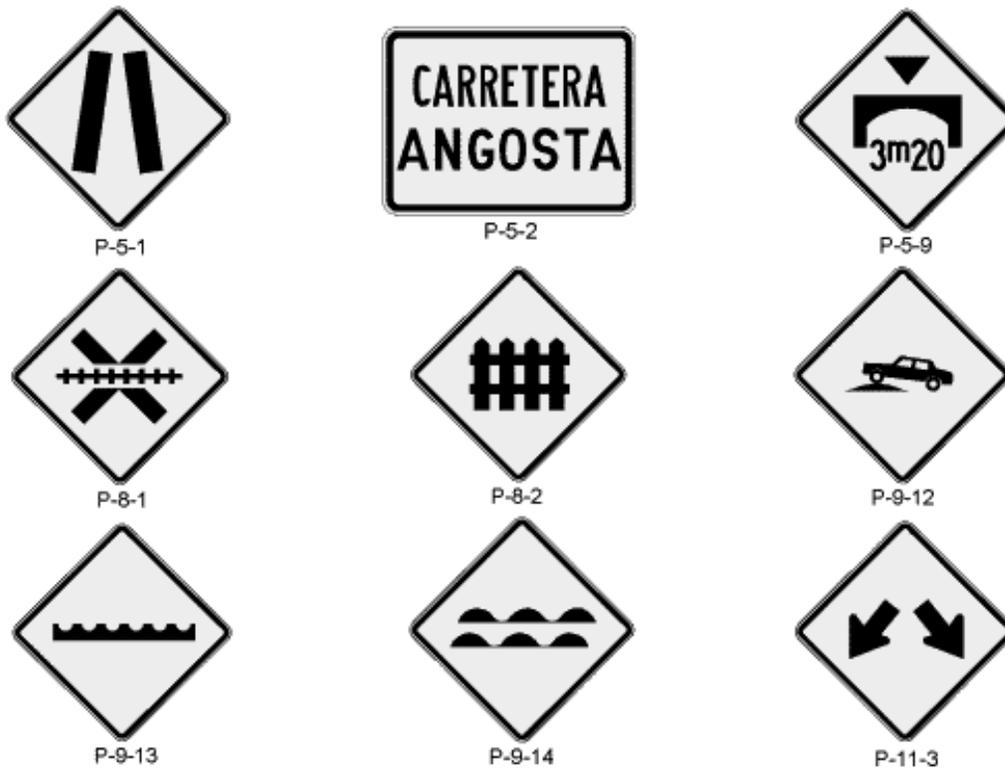
Figura 47. Señales restrictivas





Fuente: Secretaría de Integración Económica Centroamericana. **Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito.** Anexo C.

Figura 48. Señales preventivas



Fuente: Secretaría de Integración Económica Centroamericana. **Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito.** Anexo C.