



# **Semáforos**

## **Capítulo 7**

## CAPÍTULO 7

### SEMÁFOROS

#### 7.1 GENERALIDADES

Los semáforos son dispositivos de señalización mediante los cuales se regula la circulación de vehículos, bicicletas y peatones en vías, asignando el derecho de paso o prelación de vehículos y peatones secuencialmente, por las indicaciones de luces de color rojo, amarillo y verde, operadas por una unidad electrónica de control.

El semáforo es un dispositivo útil para el control y la seguridad, tanto de vehículos como de peatones. Debido a la asignación, prefijada o determinada por el tránsito, del derecho de vía para los diferentes movimientos en intersecciones y otros sitios de las vías, el semáforo ejerce una profunda influencia sobre el flujo del tránsito. Por lo tanto, es de vital importancia que la selección y uso de tan importante artefacto de regulación sea precedido de un estudio exhaustivo del sitio y de las condiciones del tránsito.

Los semáforos se usarán para desempeñar, entre otras, las siguientes funciones:

- Interrumpir periódicamente el tránsito de una corriente vehicular o peatonal para permitir el paso de otra corriente vehicular.
- Regular la velocidad de los vehículos para mantener la circulación continua a una velocidad constante.
- Controlar la circulación por carriles.
- Eliminar o reducir el número y gravedad de algunos tipos de accidentes, principalmente los que implican colisiones perpendiculares.
- Proporcionar un ordenamiento del tránsito.

##### 7.1.1 Autoridad Legal

Los semáforos que controlan el tránsito deberán ser instalados y operados en vías públicas únicamente por la autoridad de tránsito competente, o en quien ella delegue esta actividad, y complementados con una vigilancia efectiva para hacer respetar sus indicaciones.

La instalación de señales u otros artefactos que obstaculizan o interfieren la visibilidad de cualquier semáforo deberá ser prohibida.

##### 7.1.2 Clasificación

De acuerdo con el mecanismo de operación de sus unidades de control, los semáforos se clasifican en:

1. Semáforos para el control del tránsito de vehículos (los criterios utilizados para esta clase de semáforos son igualmente aplicables en ciclorrutas).



2. Semáforos para pasos peatonales
3. Semáforos especiales

### 7.1.3 Elementos que componen el semáforo

El semáforo consta de una serie de elementos físicos, como la cabeza, soportes, cara, lentes, visera y placa de contraste. Sus definiciones y características se enumeran a continuación:

**Cabeza:** Es la armadura que contiene las partes visibles del semáforo. Cada cabeza contiene un número determinado de caras orientadas en diferentes direcciones.

**Soportes:** Son las estructuras que se usan para sujetar la cabeza del semáforo y tienen como función situar los elementos luminosos del semáforo en la posición en donde el conductor y el peatón tengan la mejor visibilidad y puedan observar sus indicaciones.

Algunos elementos de soporte deberán permitir ajustes angulares, verticales y horizontales de las caras de los semáforos.

Por su ubicación en la intersección, los soportes se clasifican así:

❖ Ubicación a un lado de la vía:

- Postes
- Ménsulas cortas

❖ Ubicados en la vía:

- Ménsulas largas sujetas a postes laterales
- Cables de suspensión
- Postes y pedestales en islas

**Cara:** Es el conjunto de unidades ópticas (lente, reflector, lámpara o bombillo y portalámpara) que están orientadas en la misma dirección. En cada cara del semáforo existirán como mínimo dos, usualmente tres, o más unidades ópticas para regular uno o más movimientos de circulación.

**Lente:** Es la parte de la unidad óptica que por refracción dirige la luz proveniente de la lámpara y de su reflector en la dirección deseada.

**Visera:** Es un elemento que se coloca encima o alrededor de cada una de las unidades ópticas, para evitar que, a determinadas horas, los rayos del sol incidan sobre éstas y den la impresión de estar iluminadas, así como también para impedir que la señal emitida por el semáforo sea vista desde otros lugares distintos hacia el cual está enfocado.



**Placa de contraste:** Elemento utilizado para incrementar la visibilidad del semáforo y evitar que otras fuentes lumínicas confundan al conductor.

#### **7.1.4 Equipo de control**

Es un mecanismo electromecánico o electrónico que sirve para ordenar los cambios de luces en los semáforos. Adicionalmente, puede realizar las siguientes funciones: procesar la información generada por los detectores para ajustar los tiempos a las necesidades de la intersección; recibir y enviar información a un centro de control o controlador maestro con el fin de operar en forma coordinada; y proveer los elementos que garanticen la seguridad de los usuarios evitando señalizaciones conflictivas y reportar al centro de control el tipo de falla que puede presentar.

#### **7.1.5 Detectores**

Son dispositivos capaces de registrar variables de tránsito tales como: volumen, velocidad, ocupación, sentido, tipo de tránsito, presencia, etc., y generar señales para ser analizadas por el controlador local o el controlador central.

#### **7.1.6 Mantenimiento**

Un mantenimiento adecuado es muy importante para el funcionamiento eficiente de los semáforos y para prolongar la vida útil de los mismos. Además, la autoridad y el respeto que los semáforos inspiran es debido únicamente a sus indicaciones precisas y exactas. Semáforos con indicaciones imprecisas no pueden imponer el respeto necesario. Los costos de mantenimiento se deben tomar en cuenta al adquirir el equipo; a veces, un bajo costo inicial puede resultar antieconómico si el costo de mantenimiento es elevado.

##### **7.1.6.1 Registro de mantenimiento**

Deben llevarse registros de mantenimiento detallado y analizarse a intervalos regulares para determinar las prácticas futuras a seguir en cuanto a las compras de equipos y al programa de mantenimiento.

Los registros de trabajo de mantenimiento, bien llevados, son útiles desde varios puntos de vista:

- ◉ Su análisis ayudará a determinar si el programa de trabajo de mantenimiento que se está siguiendo es satisfactorio.
- ◉ El análisis de los costos sirve para determinar los equipos más convenientes de adquirir en el futuro y para mejorar los procedimientos de mantenimiento.
- ◉ Los registros de mantenimiento con frecuencia son de utilidad a las autoridades que intervienen en caso de accidentes.

Los registros de mantenimiento contendrán los tiempos empleados y los costos de limpieza, lubricación, ajuste en los tiempos o pre-sincronización, reparaciones generales, reposiciones de lámparas, pintura y



trabajos diversos de cada uno de los semáforos y controles.

#### 7.1.6.2 Pintura

Todo el equipo de los semáforos debe ser pintado por lo menos cada año (o con más frecuencia, si ello fuere necesario) y limpiado cada seis meses para evitar la corrosión, mantener los elementos ópticos en buenas condiciones de luminosidad y mantener la buena apariencia de los mismos.

Los postes y ménsulas deberán pintarse en color amarillo o blanco, con franjas negras y repintarse cada año como mínimo, o con mayor frecuencia si es necesario. Las partes internas de las viseras que se usan alrededor de las lentes, al igual que el semáforo, deberán pintarse en negro mate para reducir la reflexión de la luz.

#### 7.1.7 Previsión de instalaciones

Al instalarse semáforos en una intersección, si se prevén modificaciones, ampliaciones o cualquier tipo de cambio físico o de diseño en un futuro razonable, deberán prepararse instalaciones y circuitos adicionales para minimizar los costos de material y trabajo.

### 7.2 SEMÁFOROS PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO DE VEHÍCULOS

#### 7.2.1 Aspectos generales

##### 7.2.1.1 Clasificación

Los semáforos para el control del tránsito de vehículos se clasifican de la siguiente forma:

- a) Semáforos de tiempos fijos o predeterminados (dependientes del tiempo).
- b) Semáforos accionados o activados por el tránsito (dependientes del tránsito):
  - Totalmente accionados (totalmente dependientes del tránsito).
  - Parcialmente accionados (semidependientes del tránsito).

##### 7.2.1.2 Estudios necesarios de ingeniería de tránsito

Se debe efectuar previamente una investigación de las condiciones del tránsito y de las características físicas de la intersección, para determinar si se justifica la instalación de semáforos y para proporcionar los datos necesarios para el diseño y la operación apropiada de un semáforo.

Los principales datos a recopilar son los siguientes:

- a) Número de vehículos que ingresan a la intersección por cuartos de hora y por cada vía de acceso en un período de 16 horas consecutivas durante tres (3) días representativos. Las 16 horas seleccionadas



deben contener el mayor porcentaje del tránsito de las 24 horas.

- B) El volumen de vehículos para cada movimiento vehicular desde cada vía de acceso clasificado por tipo de vehículos (autos, buses y camiones) durante cada período de 15 minutos de las dos horas de máxima demanda, para los períodos de la mañana y de la tarde.
- c) Volumen peatonal en períodos de 15 minutos por cada cruce durante las horas de máxima demanda vehicular y de máxima intensidad de circulación de peatones. En donde las personas jóvenes o mayores requieran consideración especial, los peatones pueden clasificarse mediante una observación general y registrarse por grupos de edades del modo siguiente:
  - Menores de 13 años.
  - De 13 a 50 años.
  - Mayores de 50 años.
- d) La velocidad del percentil 85 de todos los vehículos en los accesos a la intersección no controlados y la medición del promedio de detenciones por vehículo antes de cruzar la intersección, lo cual permitirá evaluar los costos de operación vehicular.
- e) Un plano que contenga la siguiente información:
  - Detalles del diseño físico, incluyendo características, tales como geometría de la intersección, canalización, pendientes y/o restricciones de distancia y visibilidad.
  - Superficie de rodamiento, entradas y salidas de vehículos, paso de ferrocarril cercano, postes, hidrantes y diferentes elementos del equipamiento urbano.
  - Señalización vertical, demarcaciones del pavimento, iluminación de la calle, sentido de circulación, condiciones de estacionamiento, paraderos y rutas de transporte público.
  - Uso del suelo adyacente.
- f) Un diagrama con estadísticas de accidentes, por lo menos durante un año, clasificados por tipo, ubicación, sentido de circulación, consecuencias, hora, fecha y día de la semana.
- g) Datos adicionales obtenidos en los mismos períodos del punto b), para conocer con mayor precisión el funcionamiento de la intersección, como pueden ser:
  - Demoras en vehículos - segundo, determinadas para cada acceso.
  - Número y distribución de intervalos o espaciamentos entre grupos de vehículos en la calle principal que permitan al tránsito de la calle secundaria cruzar la intersección en condiciones de seguridad.



### 7.2.1.3 Significado de las indicaciones

Las lentes de los semáforos para el control vehicular deberán ser de color rojo, amarillo y verde. Cuando se utilicen flechas, éstas también serán rojas, amarillas y verdes sobre fondo negro.

Las lentes de las caras de un semáforo deberán formar una línea vertical. El rojo debe encontrarse sobre la parte alta, en medio el amarillo, y el verde abajo.

Las flechas direccionales deberán apuntar en el sentido de la circulación permitida. La flecha vertical, apuntando hacia arriba, indica circulación de frente; la horizontal indica giro aproximadamente en ángulo recto hacia la izquierda o hacia la derecha, y la flecha oblicua a 45 grados apuntando hacia arriba indica giro a calles que forman un ángulo distinto al de 90 grados. Cuando la cara del semáforo contenga una o varias flechas direccionales con luz verde, el hecho de encenderse ésta o estas flechas, significa que los vehículos sólo pueden tomar la dirección o direcciones así indicadas.

La interpretación de los colores de los semáforos es como sigue:

#### a) Verde

Los conductores de los vehículos, y el tránsito vehicular que observe esta luz podrá seguir de frente o girar a la derecha, a menos que alguna señal (reflectorizada o preferentemente iluminada) prohíba dichos giros, siempre y cuando se tenga la vía despejada de peatones o de otros vehículos.

Los peatones que avancen hacia el semáforo y observen esta luz podrán cruzar la vía (por los pasos peatonales marcados) a menos que algún otro semáforo indique lo contrario.

Cuando la lente verde funcione con destellos intermitentes, advierte a los conductores el final de tiempo de luz verde cuando se utiliza la secuencia de rojo-verde-verde intermitente-rojo.

#### b) Amarillo

Advierte a los conductores de los vehículos que el período de verde asignado a un flujo vehicular ha terminado y está a punto de iniciar el período de rojo y, por lo tanto, debe asumir una conducta de prevención tal como sigue:

- Acabar su marcha si está muy próximo a la intersección y una frenada brusca podría ocasionar situaciones peligrosas con los vehículos de atrás.
- Detener su marcha con el fin de que la intersección no sea bloqueada y los vehículos de las demás corrientes pueden circular en el período de verde que va a iniciar.

Algunas condiciones físicas especiales de la intersección, tales como dimensiones, topografía (pendientes muy pronunciadas), altas velocidades de aproximación o tránsito intenso de vehículos pesados, requieren un intervalo o duración mayor que el normal para despejar la intersección. En tal caso, se empleará un intervalo normal de amarillo seguido de la luz roja en todas las direcciones,





durante otro intervalo adicional, para desalojar totalmente la intersección.

En ningún caso se cambiará de luz verde a luz roja o rojo intermitente sin que antes aparezca el amarillo durante el intervalo necesario para desalojar la intersección. Sin embargo, no se empleará en cambios de rojo a verde total con flecha direccional, o al amarillo intermitente.

Cuando se ilumine la lente amarilla con destellos intermitentes, los conductores de los vehículos realizarán el cruce con precaución. El amarillo intermitente deberá emplearse en la vía que tenga preferencia.

El amarillo fijo no debe ser usado como señal de precaución.

#### c) Rojo

Los vehículos y el tránsito vehicular deben detenerse antes de la línea de PARE y si no la hay a una distancia de dos metros antes del semáforo, deben permanecer parados hasta que aparezca el verde correspondiente. Es recomendable que en los tiempos de seguridad de las intersecciones siempre se incluya un período de todo rojo como parte de éste.

Ningún peatón frente a esta luz debe cruzar la vía, a menos que esté seguro de no interferir con algún vehículo o que un semáforo peatonal indique su paso.

Nunca deberán aparecer simultáneamente combinaciones en los colores de los semáforos, excepto cuando haya flechas direccionales con amarillo o con rojo, o cuando se use el amarillo con rojo para alertar a los conductores del próximo cambio a verde.

Cuando se ilumine una lente roja con destellos intermitentes, los conductores de los vehículos harán un PARE obligatorio y se detendrán antes de la línea de PARE. El rojo intermitente se empleará en el acceso a una vía preferencial. El rojo intermitente operará como una señal vertical de PARE (SR-01)

#### d) Flechas para giro a la izquierda o a la derecha:

- Los conductores de los vehículos girarán a la izquierda o a la derecha, según lo indique la flecha, y de acuerdo con el color que exhiban.
- El tránsito vehicular que gira en una intersección debe ceder el derecho de vía a los peatones que se encuentren legalmente dentro de la calzada.
- La eficiencia de las flechas direccionales se aumenta considerablemente si existen canales especiales para el movimiento o giro indicado, complementados con marcas en el pavimento y con una señalización adecuada.
- Cuando se intenta permitir que el tránsito se mueva desde cierto carril haciendo determinado giro, pero prohibiendo que proceda de frente, deben encenderse la lente roja para esos vehículos al mismo tiempo que la lente verde con flecha hacia el lado que permita el giro. Cuando se intenta permitir que





el tránsito direccional o desde cualquier carril proceda de frente, pero prohibiéndole cierto giro o giros, debe iluminarse una flecha verde para cada una de las direcciones y la lente roja de la misma cara no debe encenderse.

- Las flechas serán la única parte iluminada de la lente y se reproducirán de acuerdo con las dimensiones y formas que se indican en las figuras 7.1 y 7.2.

#### 7.2.1.4 Secuencia de encendido y apagado de las luces

El orden en que se encienden y apagan las luces de los semáforos, entre otras, pueden tener la siguiente secuencia, dependiendo de la conducta de los conductores y peatones:

a) En semáforos vehiculares:

Rojo-Verde-Amarillo-Rojo  
Rojo-Rojo y Amarillo-Verde-Amarillo-Rojo

B) En semáforos peatonales:

Verde-Rojo

#### 7.2.1.5 Caras

Existen los siguientes tipos de montaje de caras de semáforos:

a) Al lado de la vía de tránsito:

- Postes entre 2,50 y 4,50 metros de alto.
- Brazos cortos adheridos a los postes (a las mismas alturas).

B) Por encima y dentro de la vía de tránsito:

- Brazos largos que se extienden de los postes dentro de la vía.
- Suspendidos mediante cables.
- Postes o pedestales en islas.

Los accesorios de fijación deben permitir ajustes verticales y horizontales hasta cualquier ángulo razonable.

Debe haber un mínimo de dos caras para cada punto de aproximación o acceso del tránsito vehicular a la intersección. Estas pueden ser suplementadas con semáforos peatonales, en donde éstos sean requeridos, los cuales se ubicarán a cada lado del paso peatonal.

Las dos o más caras de semáforos adecuadamente instaladas le permitirán a los conductores observar prácticamente en todo momento al menos una indicación, aunque uno de los semáforos sea obstruido



Figura 7.1 Flecha direccional en lente de 20 cm

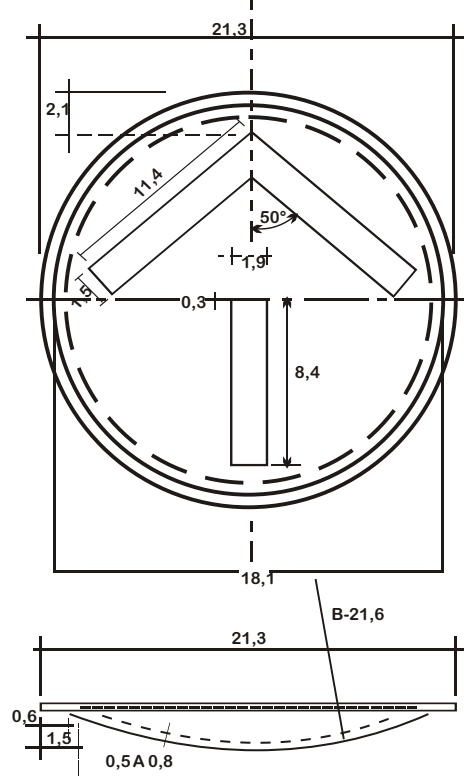
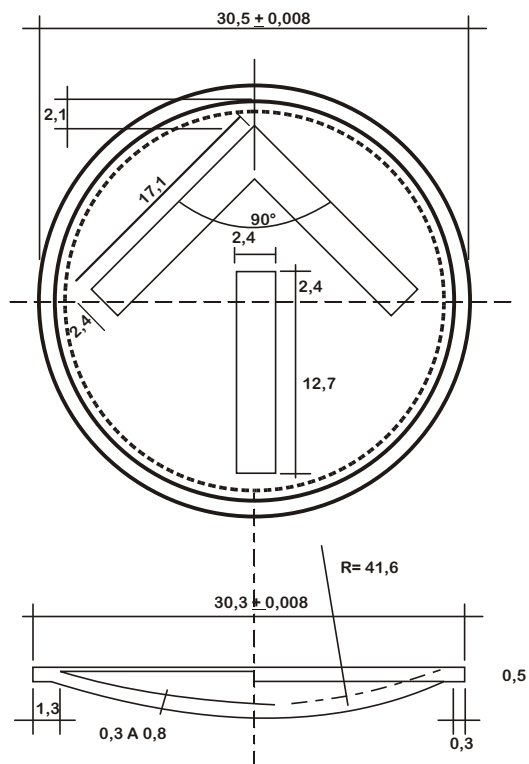


Figura 7.2 Flecha direccional en lente de 30 cm



momentáneamente por vehículos grandes, y representa un factor de seguridad en caso de resplandor del sol del día, de luz excesiva por anuncios luminosos durante la noche o cuando se funda algún bombillo.

La necesidad de instalar más de dos caras por acceso a la intersección o aproximación dependerá de las condiciones locales especiales, tales como número de carriles, necesidad de indicaciones direccionales o de giro, configuración de la intersección, isletas para canalización, etc.

Las caras de los semáforos se ubicarán de tal manera que sean visibles a los conductores que se aproximan a la intersección, considerando que para cada uno de los carriles en el acceso, deberá colocarse una cara de semáforos.

En cada acceso se ubicarán conforme a las recomendaciones siguientes:

- ◉ En vías unidireccionales:
- ◉ De uno o dos carriles: se ubicarán dos semáforos con soportes de tipo poste o pedestal a cada lado de la vía, o una ménsula al lado derecho de la vía, en función de la geometría de la intersección.
- ◉ De tres carriles: se ubicarán tres semáforos, dos en soportes tipo ménsula instalados al lado derecho de la vía y uno con soporte de tipo poste o pedestal al lado izquierdo.
- ◉ De cuatro o más carriles: se instalarán cuatro semáforos en soportes tipo ménsula ubicados a cada lado de la vía.
- ◉ En vías bidireccionales sin separador: Se utilizarán dos semáforos por acceso, instalados en soportes tipo ménsula ubicados al lado derecho de la vía.
- ◉ En vías bidireccionales con separador: Se seguirán los mismos criterios de vías unidireccionales, sólo que el soporte tipo poste o pedestal estará ubicado en el separador central.

En casos excepcionales en los cuales no sea posible instalar el soporte tipo ménsula en el lado derecho del acceso, podrá instalarse al lado izquierdo o en el separador.

La distancia entre la línea de PARE y el borde exterior del andén perpendicular al acceso debe estar entre 7 y 11 metros, de tal manera que se garantice el paso peatonal y su demarcación como una prolongación del andén. En todo caso, esta distancia no debe ser superior a 15 metros con el fin de evitar que los tiempos intermedios de despeje de la intersección sean muy grandes.

Semáforos por encima de la vía son recomendables en sitios donde, de otra manera, podrían fácilmente ser pasados por alto como en intersecciones rurales aisladas, en donde vías de alta velocidad se cruzan con arterias urbanas o en donde avisos luminosos y otras luces puedan interferir la buena visibilidad de semáforos ubicados a un lado de la vía.

Los semáforos por encima de la vía de tránsito son de poco valor para el tránsito peatonal; por eso, donde haga falta el control peatonal, debe suplementarse aquello con semáforos montados en pedestales.



Semáforos ubicados en postes o pedestales dentro de la vía de tránsito deberían protegerse mediante islas, avisos e iluminación nocturna.

En las figuras 7.3 a 7.11 se muestra la ubicación recomendable de las caras de los semáforos relacionando cada caso a la sección correspondiente.

La ubicación de la figura 7.12 se utilizará cuando los semáforos se instalen en la prolongación de la línea de paso de peatones en el acceso a la intersección.

El semáforo con soporte del tipo ménsula deberá ubicarse a 1,0 metros medidos de la orilla exterior del sardinel a su parte más saliente. Cuando no exista la acera, se ubicarán de tal manera que la proyección vertical de su parte más saliente coincida con el borde de la vía, fuera de la berma.

El semáforo con soporte del tipo ménsula deberá ubicarse a 0,60 metros medidos desde la orilla externa del sardinel a su base. Cuando no exista la acera, se ubicará de tal manera que la base coincida con el borde de la vía, fuera de la berma.

Para un buen funcionamiento, la parte inferior de la cara del semáforo tendrá una altura libre equivalente a la suministrada por la tabla siguiente:

Tabla 7.1 Altura libre de la cara del semáforo

Tipo de soporte	Altura (metros)	
	MÍNIMA	MÁXIMA
Semáforos con poste o ménsula corta	2,50	4,50
Semáforos con ménsula larga	4,50	6,00
Semáforos suspendidos por cables	4,50	6,00

La cara del semáforo instalado en soporte tipo poste o pedestal debe colocarse en posición vertical con una orientación de menos 6 grados hacia el centro de la vía con el fin de aumentar su visibilidad y a 90 grados con respecto al eje del acceso. En los de ménsula, deben estar de frente a la vía y con una inclinación de 5 grados hacia abajo. Las figuras 7.13 a 7.15 muestran los diferentes tipos de instalación.

#### 7.2.1.6 Lentes

Todas las lentes de los semáforos para control vehicular peatonal deberán ser de forma circular.

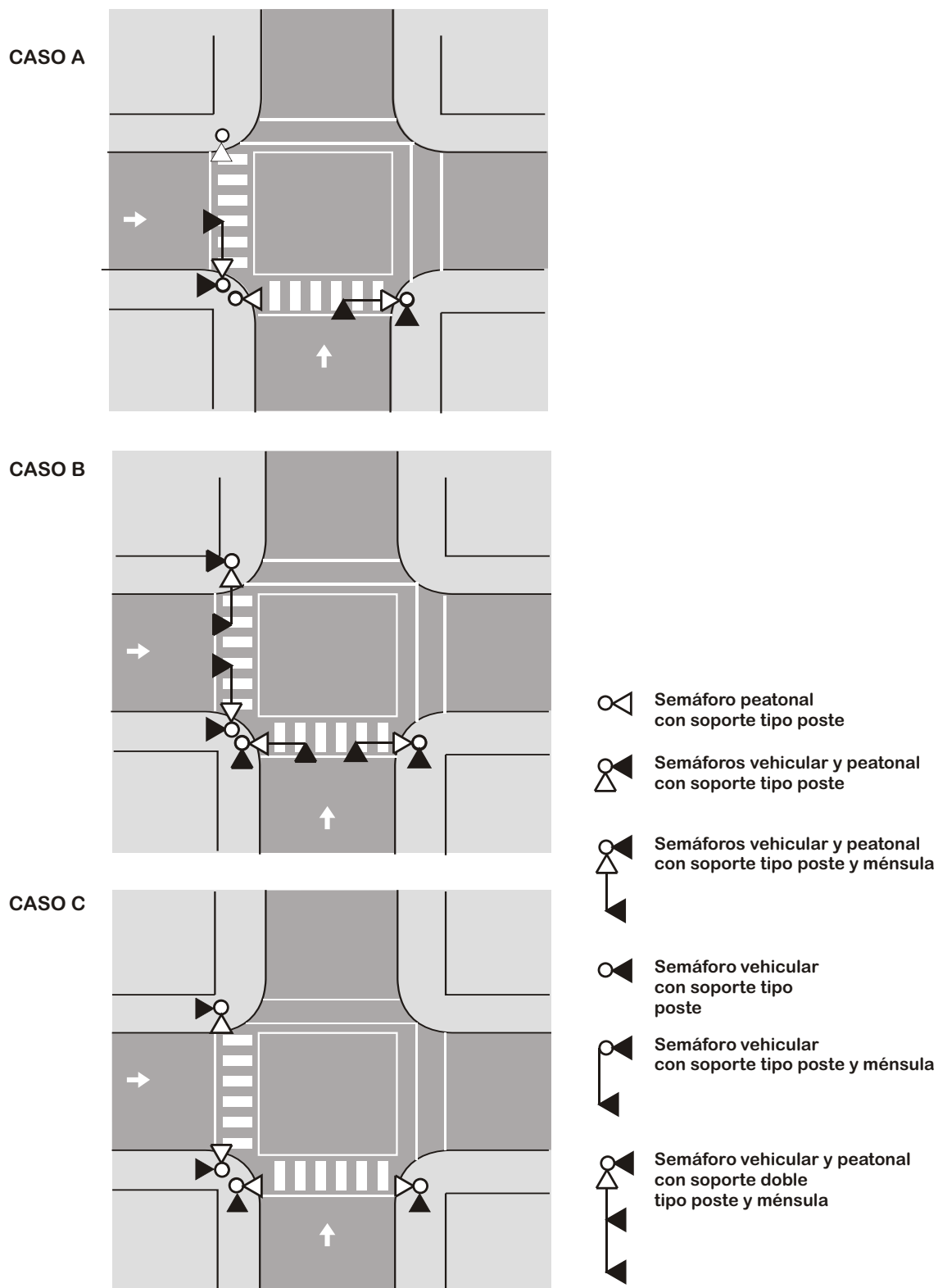
Existen dos diámetros nominales de 20 cm y de 30 cm. Los diámetros de la parte visible de las lentes deberán ser como mínimo de 19,7 cm para las de 20 cm y de 28,5 cm para las de 30 cm; los diámetros exteriores mínimos de las lentes serán de 21,3 cm para las de 20 cm y de 30,5 cm para las de 30 cm.

A veces conviene instalar la lente roja de 30 cm y las demás de 20 cm para dar mayor énfasis en la indicación restrictiva más importante: EL PARE. Sin embargo, todas las lentes podrán ser del diámetro mayor.

La experiencia con este tamaño de lente, hasta ahora, ha sido relativamente limitada, pero ha tenido



Figura 7.3 Ubicación y número recomendable en caras de intersecciones de calles de un solo sentido.



Nota: Se recomienda un semáforo por carril. En accesos de un solo carril se instalarán dos semáforos por seguridad de señales.

Figura 7.4 Ubicación y número recomendable en caras de intersecciones de calles de doble sentido.

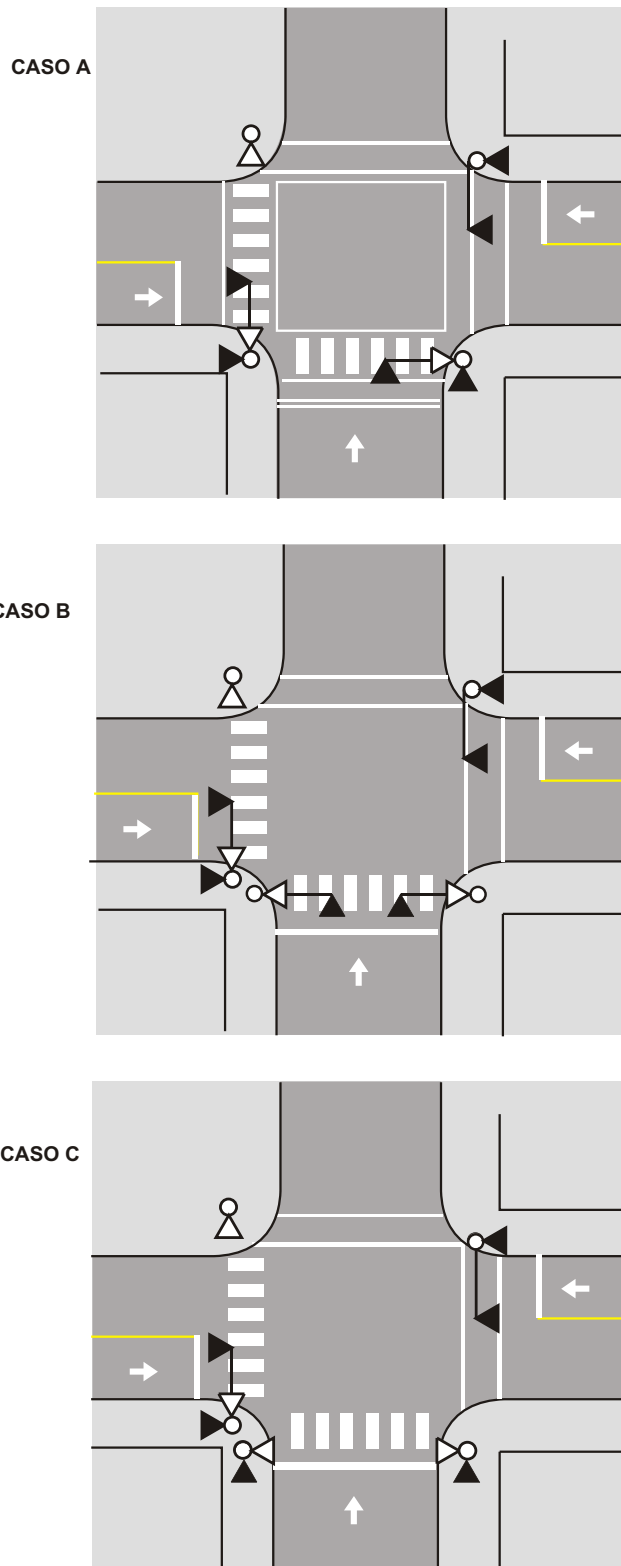
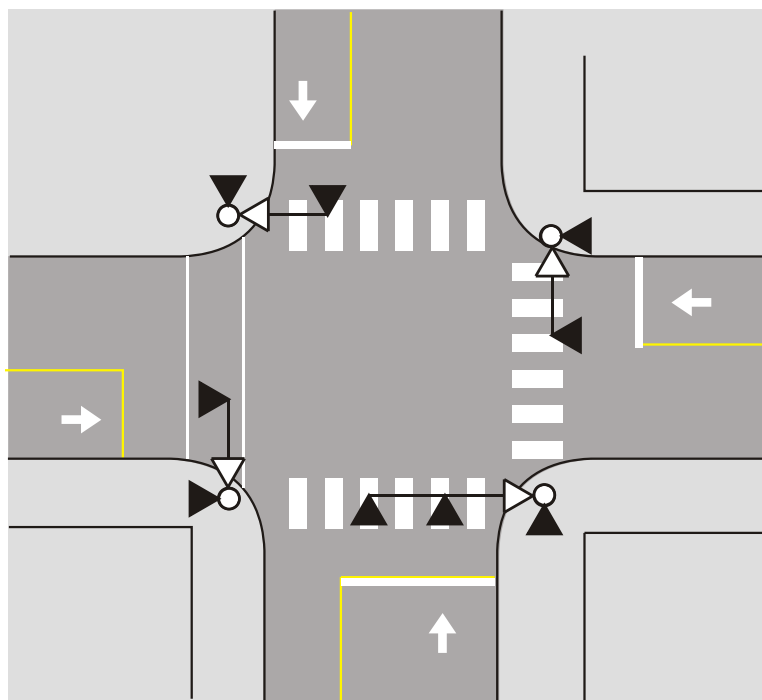


Figura 7.5 Ubicación y número recomendable en caras de intersecciones de calles de doble sentido.

CASO A



CASO B

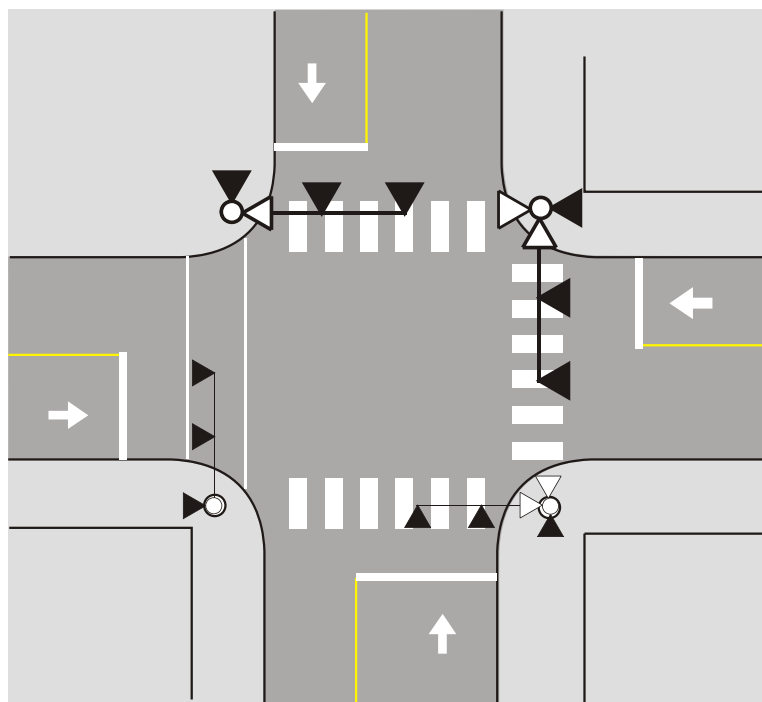




Figura 7.6 Ubicación y número recomendable en caras de intersecciones de una calle de doble sentido, con separador central y calles de un solo sentido

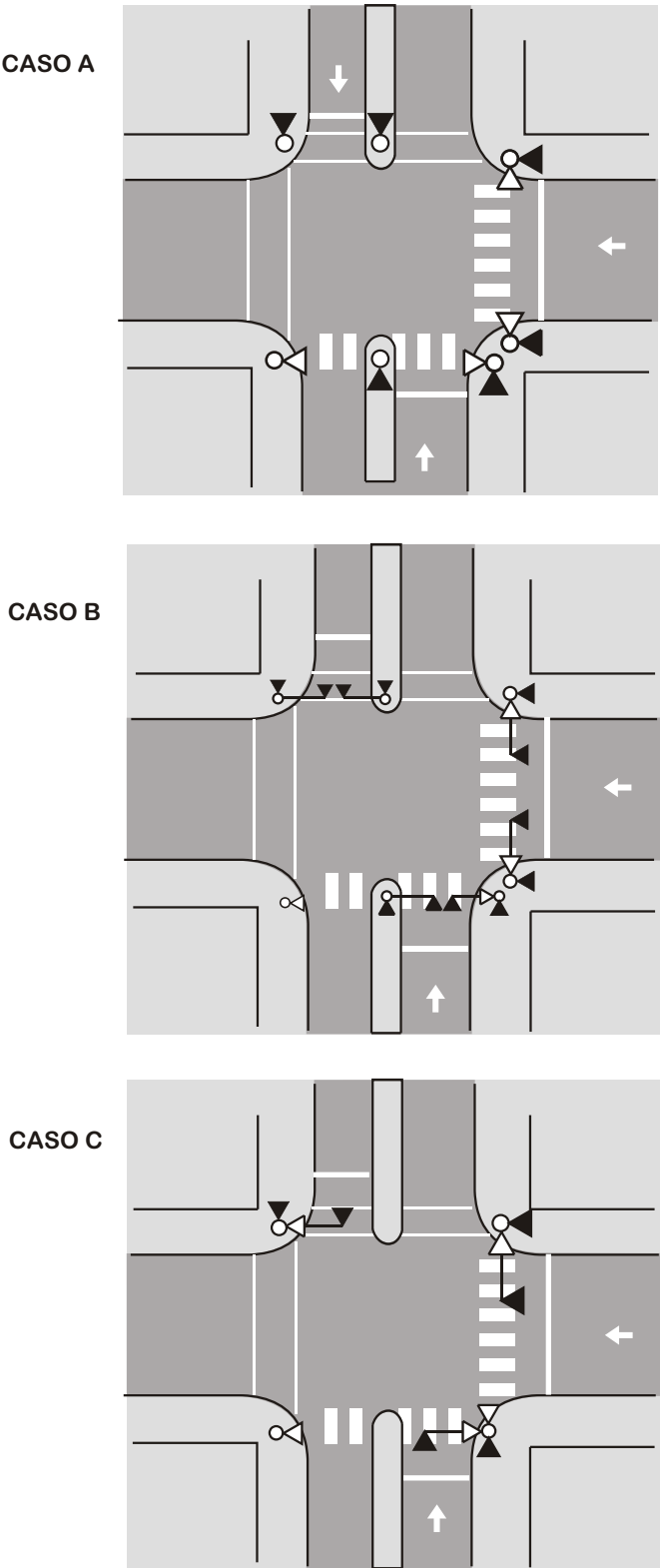


Figura 7.7 Ubicación y número recomendable de caras en intersecciones de calles de doble sentido, una con separador central.

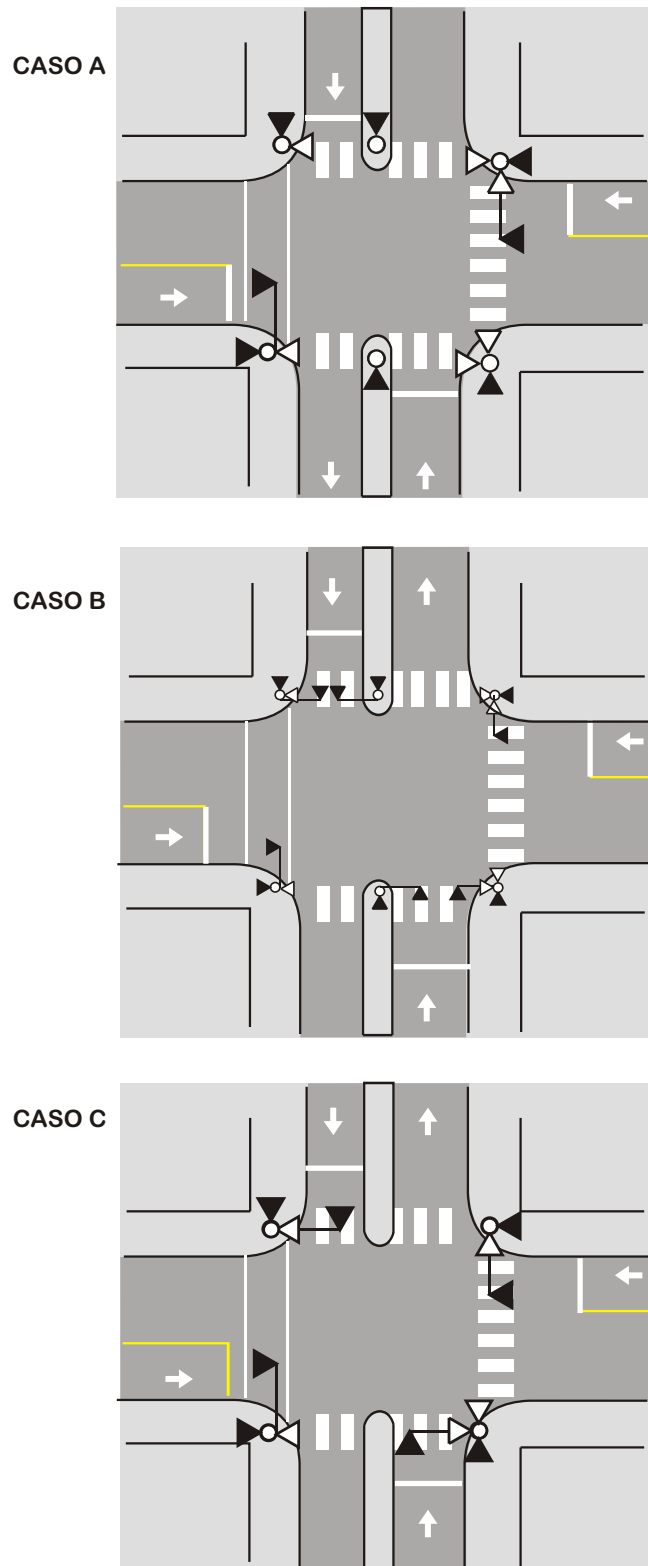
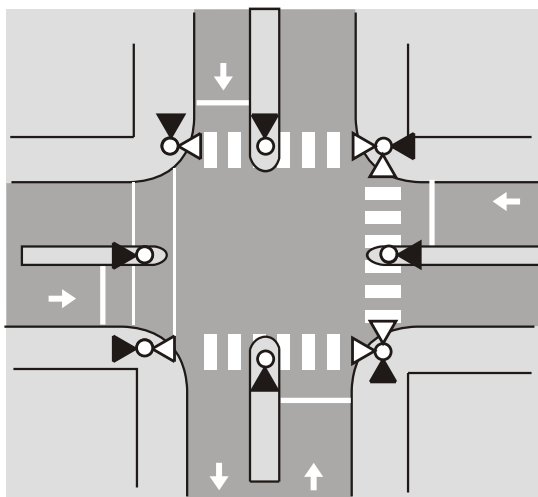
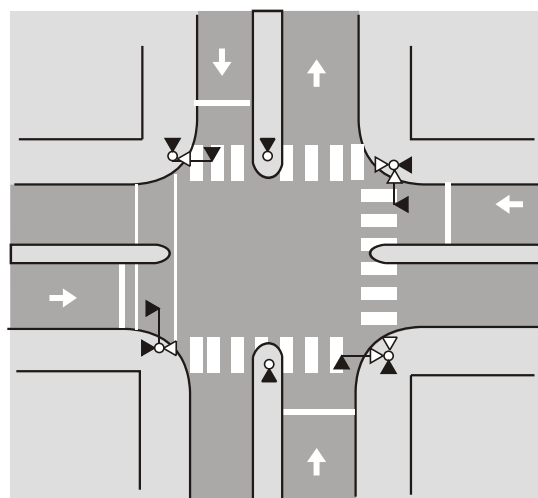


Figura 7.8 Ubicación y número recomendable de caras en intersecciones de calles de doble sentido con separador.

CASO A



CASO B



CASO C

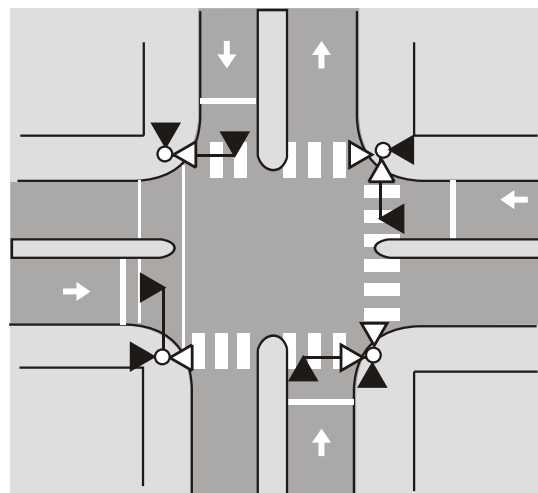


Figura 7.9 Ubicación y número recomendable de caras en intersecciones de una vía rápida con calle de un solo sentido.

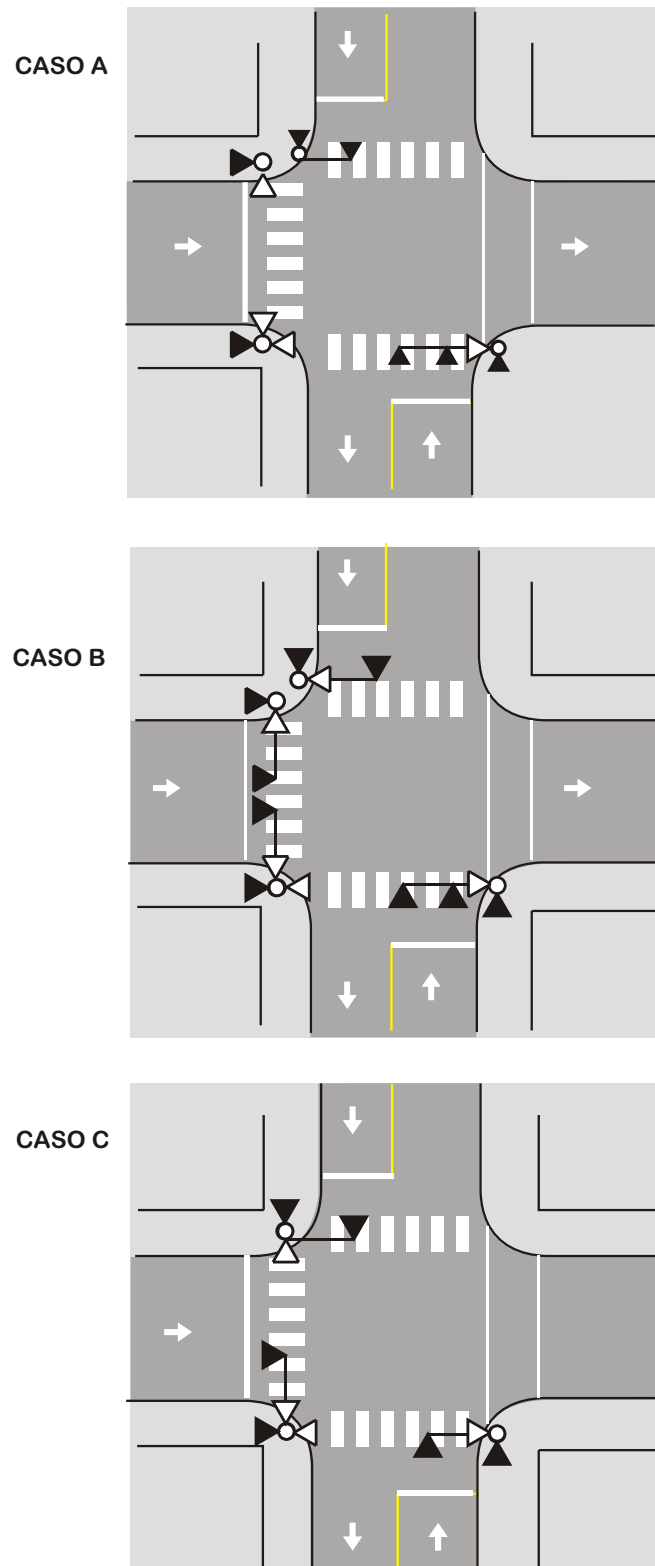


Figura 7.10 Ubicación y número recomendable de caras en intersecciones de una vía rápida urbana con carril en contraflujo, con calles de doble sentido.

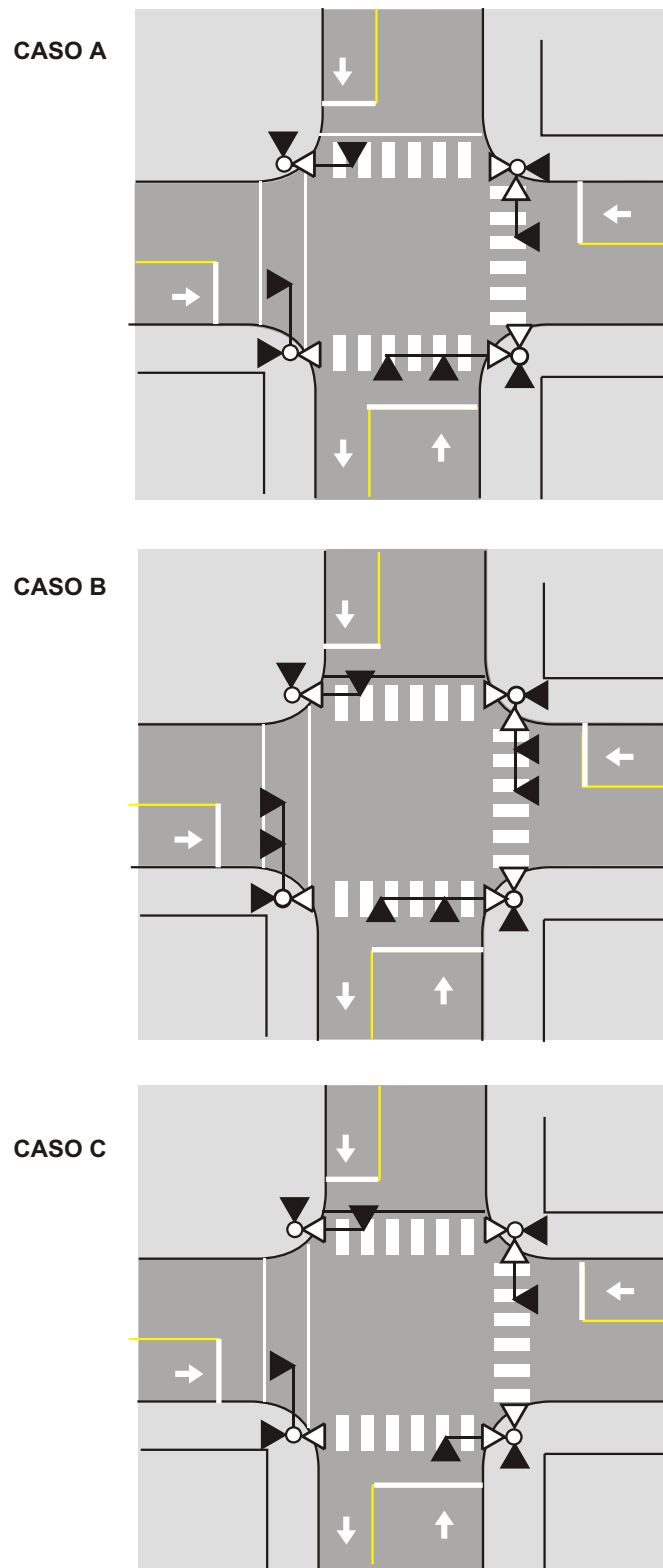


Figura 7.11 Ubicación y número recomendable de caras en intersecciones de vías rápidas urbanas con carril en contraflujo.

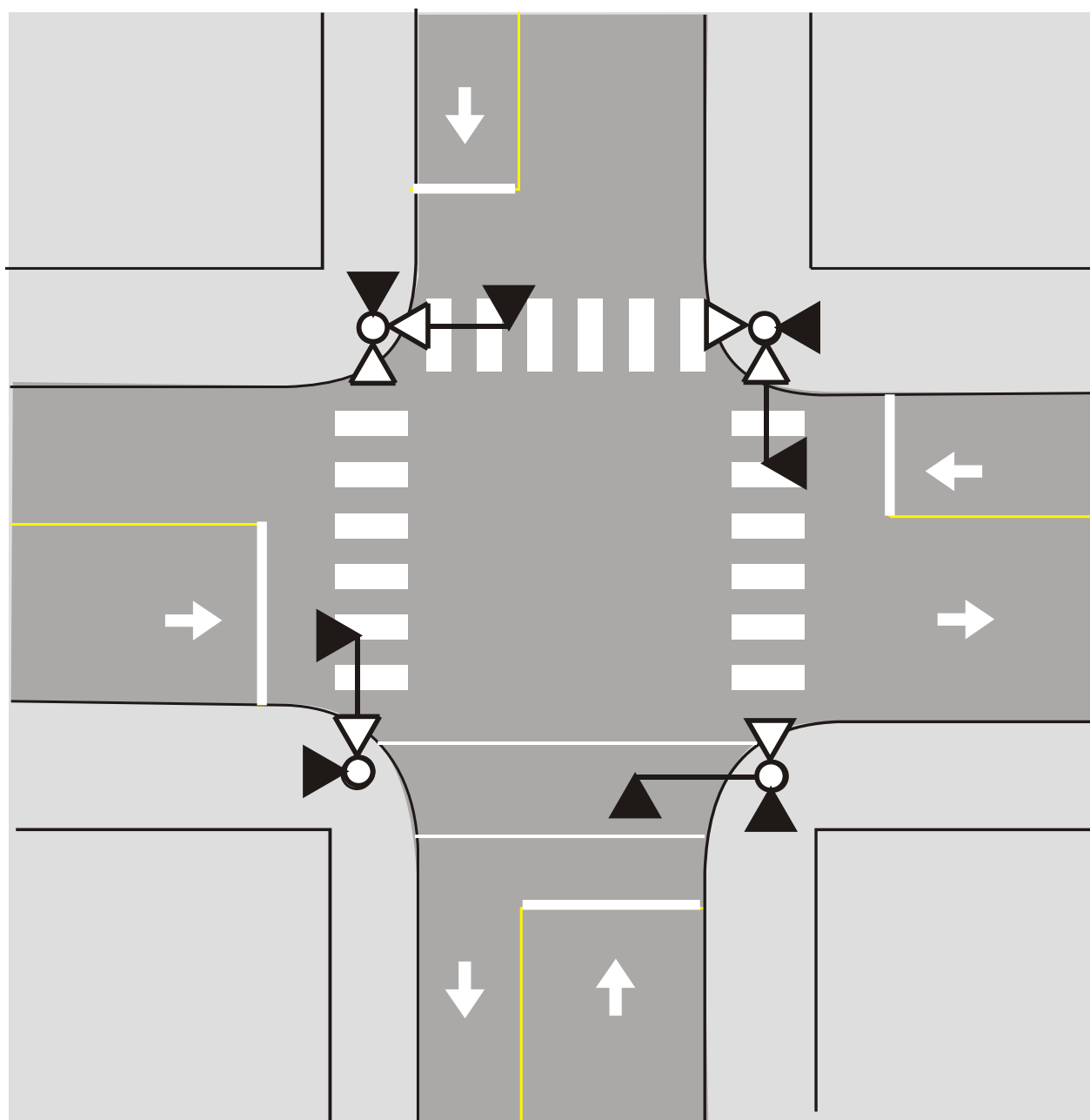


Figura 7.12 Localización de las caras del semáforo en el lado más cercano del acceso de la intersección.

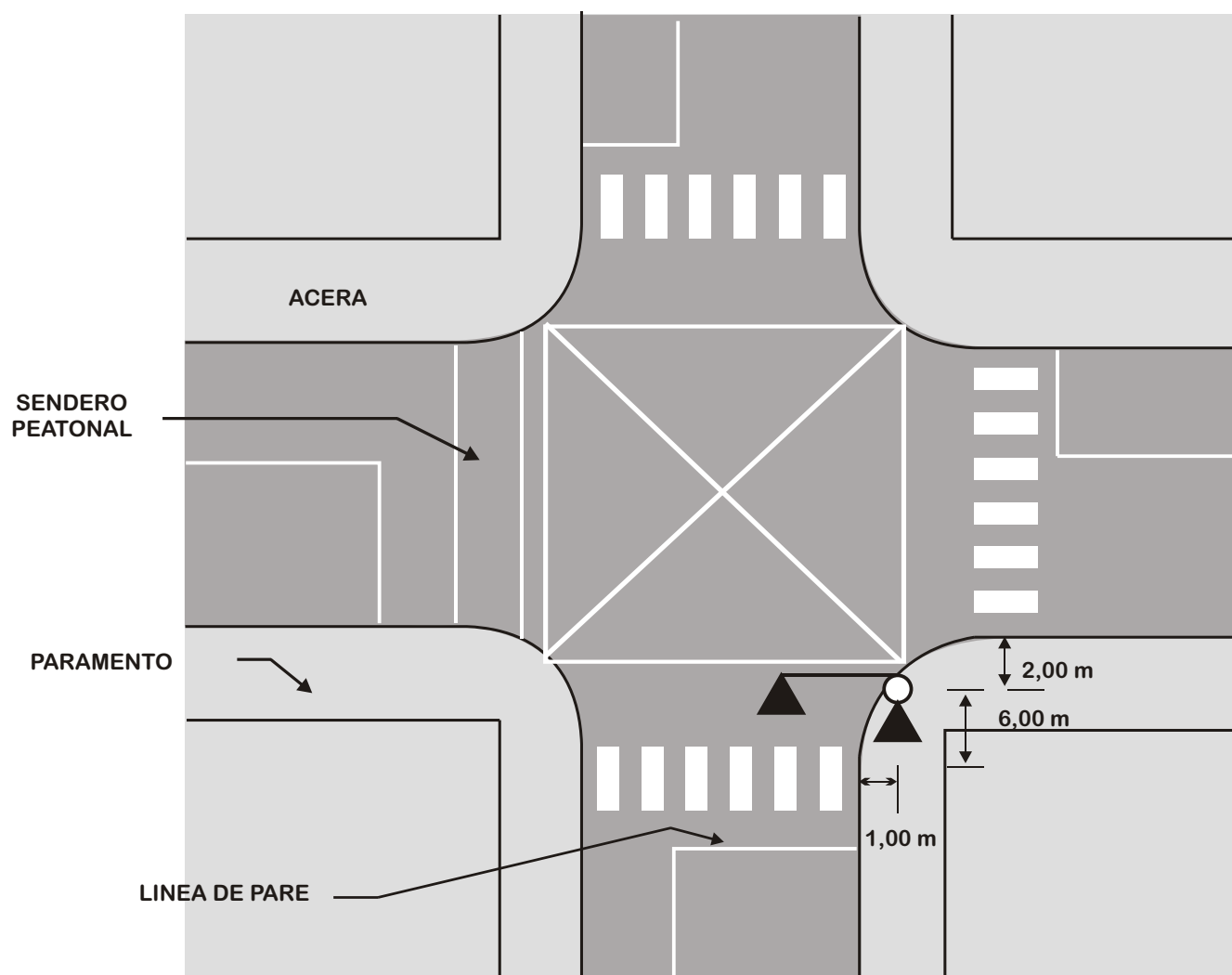




Figura 7.13 Semáforos montados en postes o en ménsula corta.

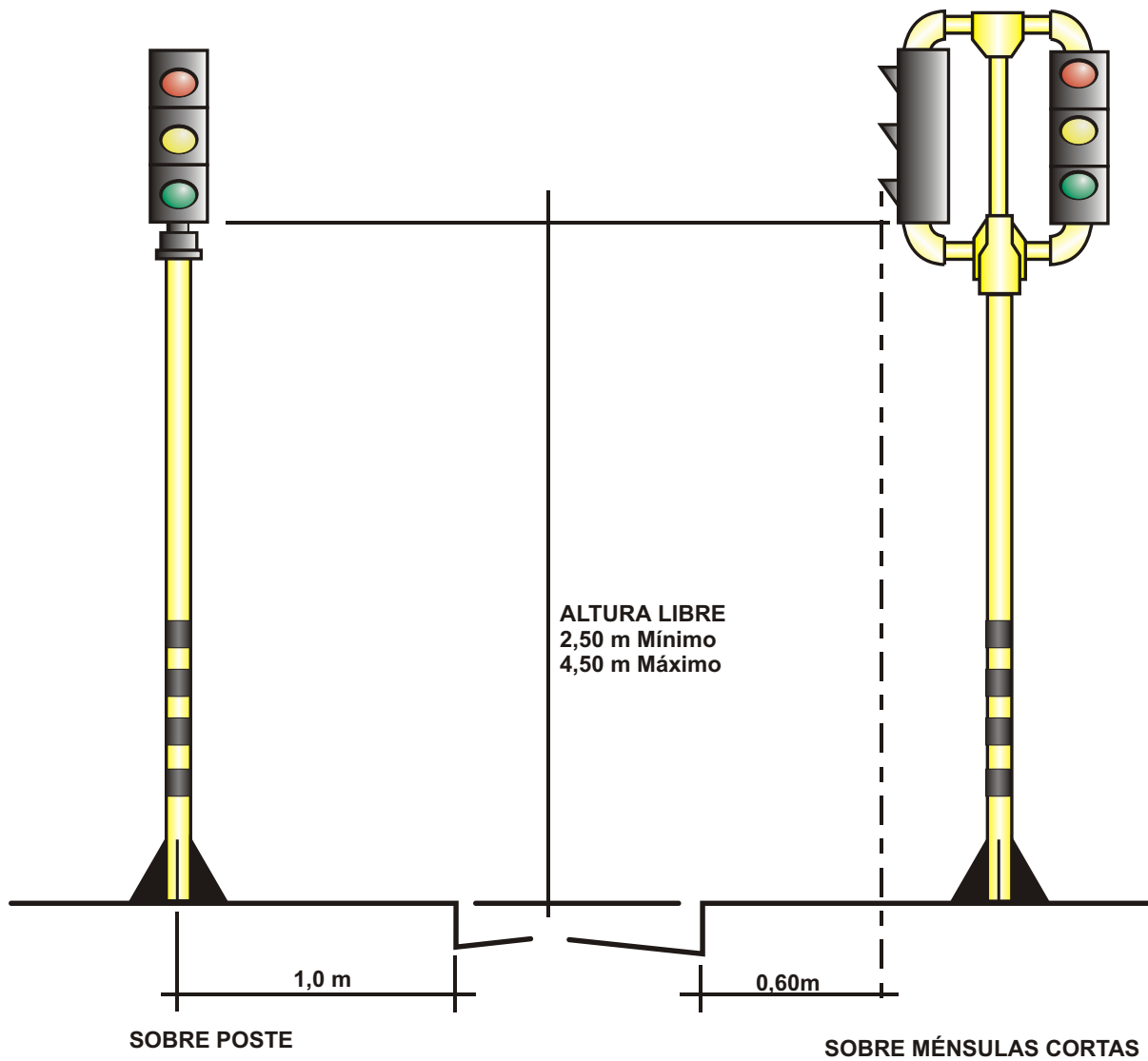


Figura 7.14 Semáforos montados en ménsula larga sujeta a poste lateral.

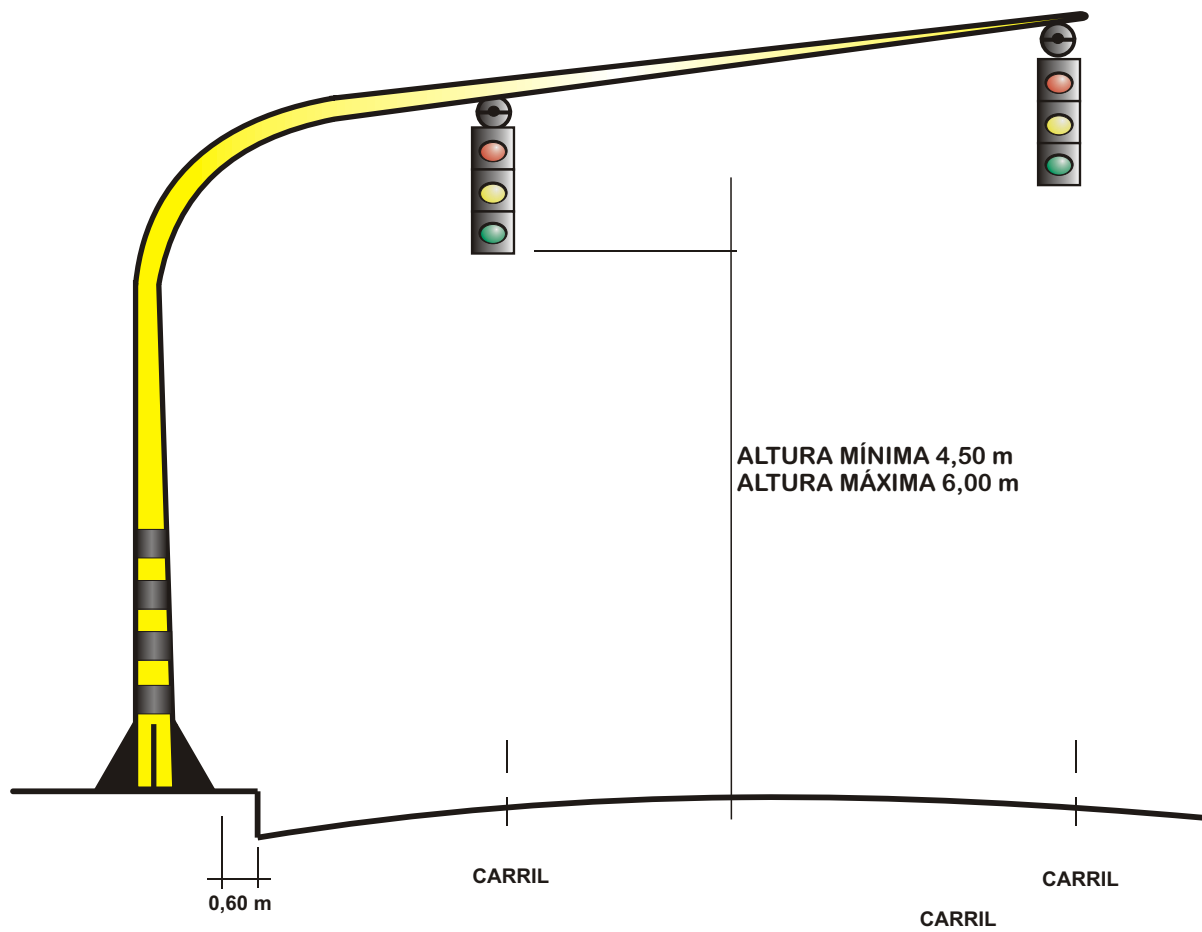
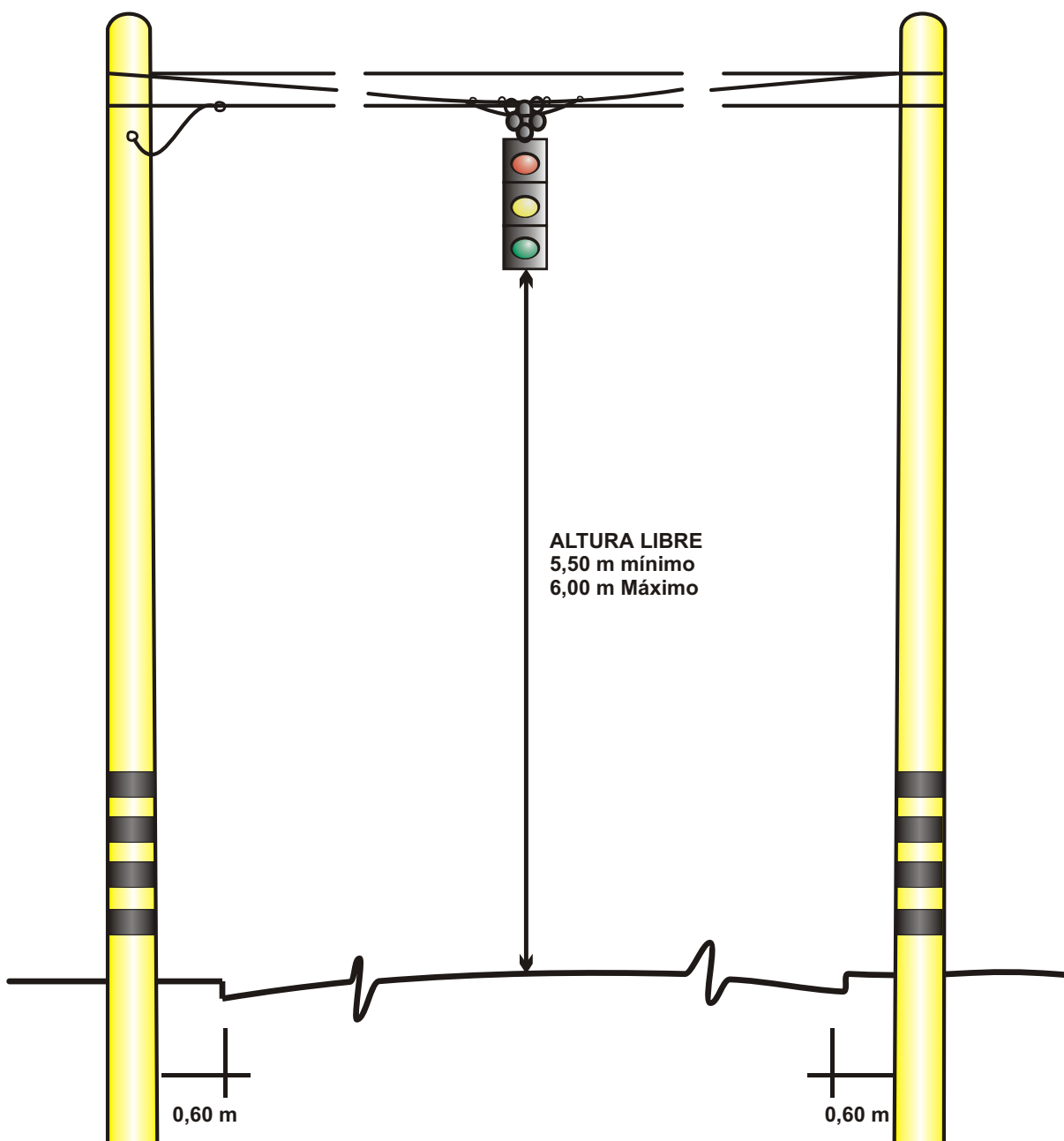


Figura 7.15 Semáforo montado suspendido por cable.



suficiente éxito para justificar su aceptación, al menos para sitios en donde es necesario que el semáforo sea más llamativo.

Las lentes de 30 cm son aconsejables cuando hay riesgo de que el semáforo pueda pasar inadvertido por el conductor, ya que proporcionan un importante aumento de visibilidad para el semáforo. Estos riesgos ocurren en los casos siguientes:

En las ménsulas

- Intersecciones rurales o cruces con vías de altas velocidades de aproximación.
- Cruces o intersecciones aisladas en los que no es de esperarse que existan semáforos, como el primero después de la salida de una vía rápida o autopista.
- Lugares donde haya problemas especiales de interferencias, como cruces en los que existan anuncios luminosos que se puedan confundir con los semáforos.
- Intersecciones en donde los conductores tienen vista simultánea de semáforos para control general y de semáforos que controlan los canales reversibles.

La cara de los semáforos para el control vehicular tendrá normalmente tres lentes y como máximo cinco.

Estos tres serán: rojo, amarillo y verde, excepto cuando se usa una lente verde con flecha para indicar una "vía libre".

Las lentes de la cara de un semáforo deben formar una línea vertical, El rojo debe encontrarse en la parte más alta, en medio el amarillo, y el verde estará abajo.

Las lentes verdes con flecha direccional deben ser colocadas lo más cerca posible del lado del movimiento que regulan; pero, si hay que instalar más de un lente con flecha en la misma línea vertical, debe colocarse la lente que indique "de frente" debajo del verde total y, de necesitarse más, debe seguir la flecha a la izquierda, finalmente, flecha a la derecha. En este último caso, de existir tres flechas direccionales, debe suprimirse la lente total verde.

La disposición recomendable de las lentes en la cara del semáforo se muestra en las figuras 7.16 y 7.17. Las inscripciones que podrán llevar las lentes serán únicamente flechas y pictogramas del peatón o ciclista, en ningún caso deben usarse Inscripciones de palabras o letreros sobre lentes para semáforos vehiculares.

La práctica de incrustar palabras tales como "Pare" y "Siga" en lentes de semáforos reduce su efectividad y no se recomienda en las normas para estos dispositivos.

#### 7.2.1.7 Visibilidad e iluminación de las lentes

Cada lente debe ser iluminada independientemente. Esto es esencial para obtener uniformidad en la posición de las lentes, para darle satisfactoria brillantez y para proporcionar la flexibilidad necesarias en las



**Figura 7.16**  
**Posición de las lentes en un semáforo de tres luces.**

**COLOR**

**INDICACIÓN**

ROJO

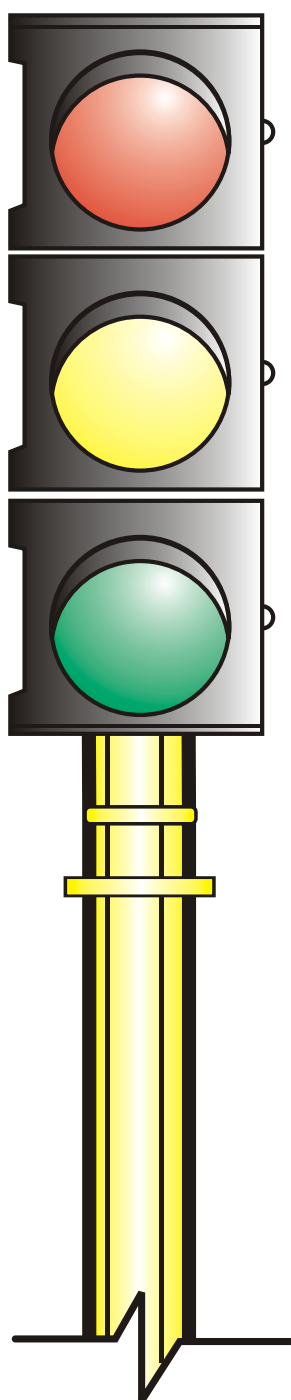
PARE

AMARILLO

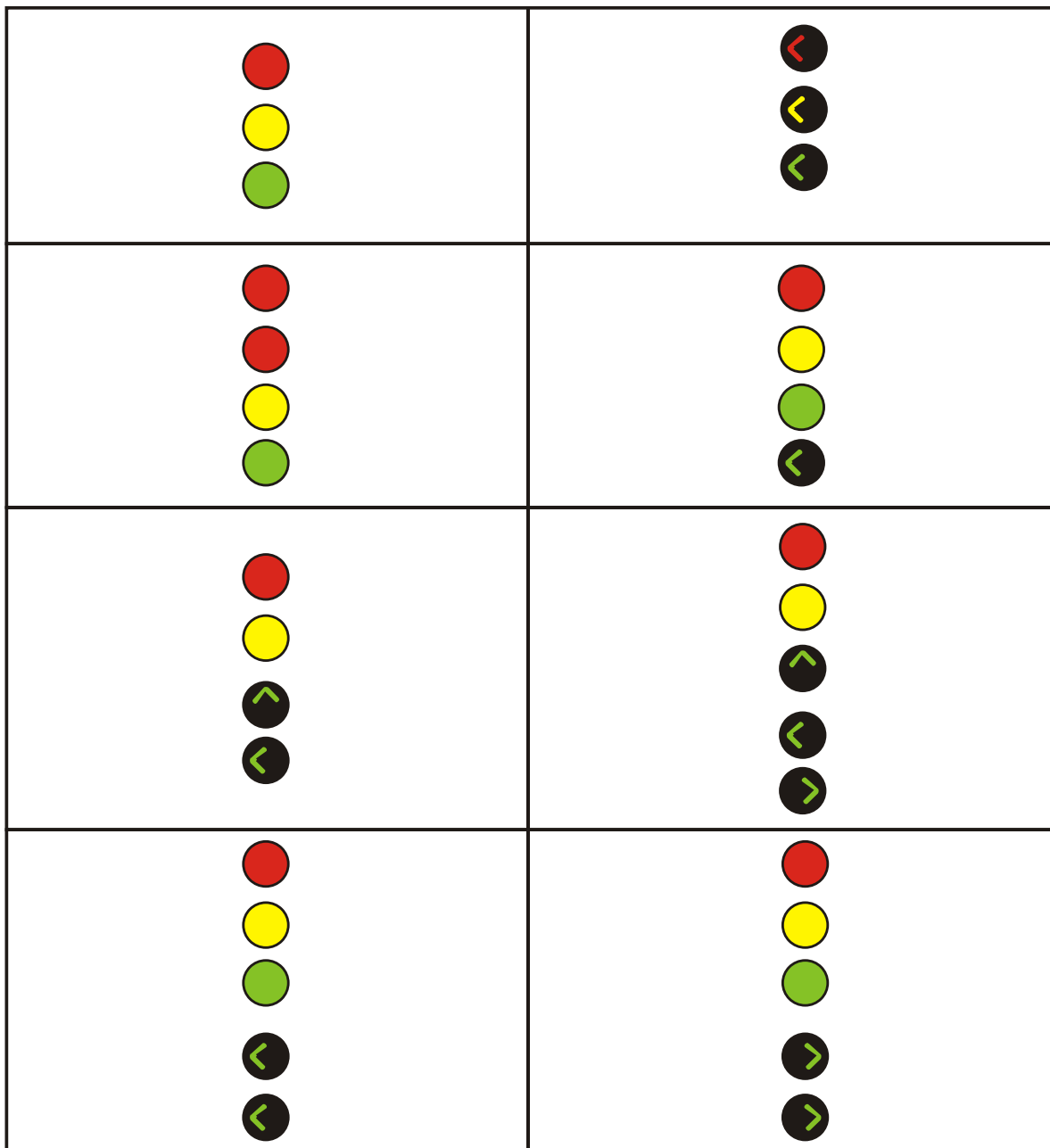
TRANSICIÓN

VERDE

PASE



**Figura 7.17**  
**Disposición de las lentes en la cara de un semáforo.**



indicaciones requeridas.

Cuando una lente de semáforo esta iluminada y su imagen no esta obstruida por algún objeto físico, las indicaciones deberán distinguirse claramente desde una distancia mínima de 300 metros en condiciones atmosféricas normales y tratándose de flechas direccionales éstas deberán distinguirse desde una distancia mínima de 60 metros.

Cuando existan condiciones topográficas desfavorables o en vías suburbanas y rurales en donde no es común encontrar semáforos, se dispondrá de la señal preventiva SP-23 para indicar la proximidad de este tipo de dispositivos. En estos casos, puede ser conveniente el empleo de una cara adicional en el mismo poste a una mayor altura.

Cada cara del semáforo debe orientarse en un ángulo tal que sus focos sean de máxima efectividad hacia el tránsito que se aproxime en la dirección para la cual esta prevista. Viseras, celosías, túneles y rebordes oscuros muchas veces mejoran la efectividad de un semáforo.

En los cruces irregulares podrán necesitarse varios semáforos orientados en posiciones diversas y, en ese caso, las caras de los semáforos deberán cubrirse con viseras, túneles o celosías, a fin de que el conductor que se aproxima sólo vea la indicación que le corresponda.

#### 7.2.1.8 Límite de área controlada por semáforo

Los semáforos sólo regularán el tránsito en la intersección en que están instalados o bien en aquellos sitios en que se requiera a mitad de la cuadra.

#### 7.2.1.9 Funcionamiento continuo y eficiencia

Los semáforos deberán estar permanentemente iluminados.

El mal funcionamiento de los semáforos produce inconvenientes como desobediencia y arbitrariedad, lo que genera peligros innecesarios y difíciles de corregir en el tiempo.

Cuando no estén funcionando para regular el tránsito sólo operarán en forma intermitente.

Antes de poner a funcionar una instalación nueva, o cuando por otra razón no estén funcionando los semáforos, éstos deberán ser tapados o eliminados, para que ninguna persona pueda creer que se ha quemado algún bombillo o lámpara.

### 7.2.2 Semáforos de tiempos fijos o predeterminados

Un semáforo de tiempo fijo o predeterminado es un dispositivo para el control del tránsito que regula la circulación haciendo detener y proseguir el tránsito de acuerdo a una programación de tiempo determinado o a una serie de programaciones establecidas.

Las características de operación de los semáforos de tiempo fijo o predeterminado, tales como, duración del ciclo, intervalo, secuencia, desfaseamiento, etc., pueden ser cambiadas de acuerdo a un programa determinado.





Los semáforos de control de tiempo fijo o predeterminado se adaptan mejor a las intersecciones en donde los patrones del tránsito son relativamente estables y constantes, o en donde las variaciones del tránsito que se registran pueden tener cabida mediante una programación pre-sincronizada sin causar demoras o congestión no razonables. El control pre-sincronizado es particularmente adaptable a intersecciones donde se desee coordinar la operación de semáforos con instalaciones existentes o planificadas en intersecciones cercanas en la misma calle o calles adyacentes o en intersecciones cuya capacidad vehicular esté en el límite.

#### 7.2.2.1 Condiciones para la instalación

Este tipo de semáforo se debe instalar y operar solamente si se satisfacen uno o más de los requisitos o condiciones siguientes:

- ◉ Condición A: Volumen mínimo de vehículos.
- ◉ Condición B: Interrupción del tránsito continuo.
- ◉ Condición C: Volumen mínimo de peatones.
- ◉ Condición D: Movimiento o circulación progresiva.
- ◉ Condición E: Antecedentes y experiencia sobre accidentes.
- ◉ Condición F: Combinación de las condiciones anteriores.

Si el volumen de circulación disminuye al 50% o menos de los volúmenes mínimos especificados durante un lapso de cuatro horas consecutivas o más, es conveniente que las operaciones normales de los semáforos se sustituyan por operaciones de destello o intermitentes, las cuales se deben restringir a no más de tres períodos diferentes durante el día.

#### **Volumen mínimo de vehículos (condición A)**

La condición de volumen mínimo de vehículos, se entiende que es para ser aplicada donde el volumen de tránsito intersectante es la razón principal para considerar la instalación de un semáforo.

La condición se cumple cuando en la calle principal y en los accesos de mayor flujo de la calle secundaria, existen los volúmenes mínimos indicados en la tabla 7.2 en cada una de las ocho horas de un día representativo.

Tabla 7.2 Condición A. Volumen mínimo de vehículos



Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en la calle principal (Total en ambos accesos)	Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria (Un solo sentido)
Calle principal	Calle secundaria		
1	1	500	150
2 o más	1	600	150
2 o más	2 o más	600	200
1	2 o más	500	200

Los volúmenes de tránsito de vehículos para las calles principal y secundaria corresponden a las mismas ocho horas. El sentido de circulación del tránsito de mayor volumen en la calle secundaria puede ser por un acceso durante algunas horas y por la aproximación opuesta durante las horas restantes.

Si la velocidad que comprende el 85% del tránsito en la calle principal excede de 60 kilómetros por hora, o si la intersección queda dentro de la zona urbana de una población aislada de 10.000 habitantes o menos, el requisito de volumen se reduce al 70% del indicado en la tabla.

### Interrupción al tránsito continuo (condición B)

La condición de interrupción del tránsito continuo se entiende que es para ser aplicada en donde las condiciones de operación de una calle sean tales, que el tránsito de la calle secundaria sufra un retardo o riesgo indebido al entrar en la calle principal o al cruzarla.

Este requisito se satisface cuando, durante cada una de las ocho horas de un día representativo, en la calle principal y en la aproximación de mayor volumen de la calle secundaria, se tienen los volúmenes mínimos indicados en la tabla 7.3 y si la instalación de semáforos no trastorna la circulación progresiva del tránsito.

Tabla 7.3 Condición B. Interrupción del tránsito continuo

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en la calle principal (Total en ambos accesos)	Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria (Un solo sentido)
Calle principal	Calle secundaria		
1	1	750	75
2 o más	1	900	75
2 o más	2 o más	900	100
1	2 o más	750	100

Los volúmenes en las calles principal y secundaria corresponden a las mismas ocho horas. Durante esas ocho horas, el sentido de circulación del volumen mayor de la calle secundaria puede ser hacia una dirección durante algunas horas y hacia la otra durante las demás.

Si la velocidad dentro de la cual está comprendido el 85% del tránsito de la calle principal excede a 60

kilómetros por hora, o si la intersección queda dentro de la zona urbana de una población con 10.000 habitantes o menos, el requisito de interrupción de tránsito continuo se reduce al 70% de los volúmenes indicados en la tabla.

### **Volumen mínimo de peatones (condición C)**

Se satisface esta condición, si durante un día representativo en la calle principal se verifican los siguientes volúmenes de tránsito, para un período de dos horas:

- a) Si entran 1 200 o más vehículos en la intersección (total para ambos accesos), o si 1.600 o más vehículos entran a la intersección en la calle principal, cuando existe separador central con ancho mínimo de 1,20 m.
- b) Si durante el mismo período pico, cruzan 250 o más peatones en el cruce de mayor volumen correspondiente a la calle principal.

Cuando la velocidad que comprende el 85% de vehículos exceda de 60 kilómetros por hora, o si la intersección está en zona urbana de una población con 10.000 habitantes o menos, el requisito de volumen mínimo de peatones se reduce al 70% de los valores indicados, en reconocimiento de las diferencias en la naturaleza y características de operación del tránsito en medios urbanos y rurales de municipios pequeños.

Un semáforo instalado bajo la anterior condición en una intersección aislada, debe ser del tipo semiactivado por el tránsito con botones operados por los peatones que cruzan la calle principal.

En conexión con semáforos para el control del tránsito instalados en cruces escolares, queda entendido que un semáforo no es el único remedio ni necesariamente la solución correcta del problema complejo de los conflictos del tránsito entre los vehículos y los escolares.

Los períodos cortos durante los cuales los riesgos son inusualmente altos, con frecuencia son mejor dirigidos mediante el control de un agente de tránsito o patrullas escolares.

En algunas circunstancias, los alumnos responden a las indicaciones del semáforo en forma tan inadecuada que el semáforo puede convertirse en un factor que contribuya a aumentar los accidentes, en vez de disminuirlos. La reacción ante el control de un agente de tránsito o las patrullas escolares usualmente es menos incierta.

Por consiguiente, se considera que los semáforos para el control del tránsito ordinariamente no deben ser instalados en cruces escolares donde puedan ser usados con efectividad patrulleros escolares, en donde los estudiantes pueden ser dirigidos a cruzar en lugares que ya están controlados por semáforos y agentes de tránsito o donde las islas de refugio de peatones provean de una protección adecuada.

Los hechos completos deben ser recopilados y estudiados por autoridades de ingeniería de tránsito competentes antes de tomar decisiones sobre la instalación de semáforos cerca de las zonas escolares. Como resultado de estos estudios y en consideración a los métodos de control anteriormente



enumerados, los semáforos pueden justificarse sí:

- ◉ Los volúmenes de peatones en un cruce escolar determinado en la calle principal exceden de 250 peatones por hora, durante dos horas.
- ◉ Durante cada una de las mismas dos horas el tránsito de vehículos por el cruce escolar en cuestión excede de 1.600 vehículos.
- ◉ No hay semáforo a menos de 300 metros del cruce.

Los semáforos en cruces de peatones instalados bajo estas condiciones deben ser del tipo activado por los peatones.

### **Movimiento o circulación progresiva (condición D)**

El control del movimiento progresivo a veces demanda la instalación de semáforos en intersecciones en donde en otras condiciones no serían necesarios, con el objeto de regular eficientemente las velocidades de grupos compactos de vehículos.

Se satisface el requisito correspondiente a movimiento progresivo en los dos siguientes casos:

- ◉ En calles con circulación en un solo sentido o en calles en las que prevalece la circulación en un solo sentido y en las que los semáforos adyacentes están demasiado distantes para conservar el agrupamiento compacto y las velocidades deseadas de los vehículos.
- ◉ En las calles de doble sentido de circulación, cuando los semáforos adyacentes no proveen el adecuado agrupamiento de vehículos ni el control de la velocidad y el semáforo propuesto junto con los adyacentes pueden conformar un sistema progresivo de semáforos.

Un semáforo instalado atendiendo este requisito debe basarse en la velocidad que comprende el 85% del tránsito, a menos que un estudio del caso específico indique otra situación. En ningún caso debe considerarse la instalación de un semáforo de acuerdo a este requisito, si la separación entre semáforos resultase ser inferior a 300 metros.

### **Antecedentes y experiencia sobre accidentes (condición E)**

La opinión general de que los semáforos reducen considerablemente el número de accidentes, rara vez se comprueba en la práctica. En algunos casos, ocurren más accidentes después de instalar los semáforos que antes de su instalación. Por lo tanto, si ninguno de los requisitos, exceptuando el relativo a los accidentes, se satisface, debe suponerse que no será necesario instalar el semáforo.

Los semáforos no deben instalarse con base en un solo accidente espectacular ni con base en demandas irrazonables o predicciones de accidentes que pudieran ocurrir.

Los requisitos relativos a los antecedentes sobre accidentes se satisfacen sí:



- Una prueba adecuada de que otros procedimientos menos restrictivos, que se han experimentado en otros casos satisfactoriamente, no han reducido la frecuencia de los accidentes.
- Ocurrieron cinco o más accidentes en los últimos doce meses, cuyo tipo sea susceptible de corregirse con semáforos y en los que hubo heridos o daños a la propiedad con valor mayor a treinta veces el salario mínimo mensual legal vigente en el país.
- Existe un volumen de tránsito de vehículos y peatones no menor del 80% de los requerimientos especificados en la condición de volumen mínimo de vehículos, en la condición de interrupción del tránsito continuo o en la condición de volumen mínimo de peatones.
- La instalación no interrumpe considerablemente el flujo progresivo del tránsito.

Cualquier semáforo instalado bajo la condición de experiencia de accidentes debe ser semi-activado por el tránsito, con dispositivos que provean una coordinación apropiada, si es instalado en una intersección dentro de un sistema coordinado, y normalmente debe ser totalmente activado por el tránsito si es instalado en una intersección aislada.

Un semáforo para el control del tránsito, cuando es obedecido por conductores y peatones, puede esperarse que elimine o reduzca materialmente el número y gravedad de los siguientes tipos de accidentes:

- Aquellos que impliquen substancialmente conflictos o colisiones en ángulo recto, como los que ocurren entre vehículos en calles que se intersectan.
- Aquellos que impliquen conflictos entre vehículos que se mueven en línea recta y cruces de peatones.
- Aquellos entre vehículos que se mueven en línea recta y vehículos que cruzan a la izquierda viniendo en direcciones opuestas, si se otorga un intervalo de tiempo independiente durante el ciclo del semáforo para el movimiento de cruce a la izquierda.
- Aquellos que impliquen velocidad excesiva, en casos donde la coordinación del semáforo restrinja la velocidad hasta un valor razonable,

Por otra parte, no puede esperarse que los semáforos reduzcan los siguientes tipos de accidentes:

- Colisiones por la parte trasera, que con frecuencia aumentan después de la instalación de los semáforos.
- Colisiones de vehículos en la misma dirección o en direcciones opuestas, uno de los cuales efectúa un cruce a través de la trayectoria del otro, particularmente si no se provee un intervalo independiente para esos movimientos de cruce.
- Accidentes que impliquen a peatones y vehículos que efectúan cruces, cuando ambos se mueven



durante el mismo intervalo.

- ◉ Otros tipos de accidentes a peatones, si los peatones o conductores no obedecen las señales.

### **Combinación de las condiciones anteriores (condición F)**

Cuando ninguno de los requisitos anteriores se cumplen en un 100%, pero dos o más se satisfacen en un 80% del valor indicado para cada uno de ellos, se puede considerar justificada la instalación de semáforos. Las decisiones en estos casos excepcionales deben apoyarse en un análisis completo de todos los factores que intervienen, debiendo estudiarse la conveniencia de emplear otros métodos que ocasionen menos demoras al tránsito.

Una prueba adecuada de otras medidas correctivas que causen menos demora e inconvenientes al tránsito debe preceder a la instalación de semáforos bajo esta condición.

#### **7.2.2.2 Programación o sincronización de semáforos**

La finalidad de un sistema de semáforos sólo se cumple si es operado de una manera consistente y se acondiciona a las necesidades y requerimientos del tránsito. Los ciclos excesivamente largos y la división impropia de los mismos ocasionan faltas de respeto y desobediencia a las indicaciones de los semáforos.

Una de las mayores dificultades en la sincronización de semáforos proviene de la necesidad de dar cabida a dos o tres patrones de volumen radicalmente diferentes a varias horas, durante el período de operación.

Cualquier plan de tiempos que se programe se confrontará con la información de conteos de tránsito, para tener la seguridad de que los cambios de los volúmenes de tránsito en las vías se regulen lo mejor posible.

Algunos de los factores que se deben tomar en cuenta para programar el tiempo de los semáforos en una intersección son:

- ◉ Flujo de saturación
- ◉ Número de carriles de tránsito y demás condiciones físicas y geométricas.
- ◉ Variaciones del flujo del tránsito para cada movimiento direccional.
- ◉ Necesidades de los vehículos comerciales y de transporte público.
- ◉ Período, en segundos, entre el paso de dos vehículos consecutivos que salen de la intersección.
- ◉ Necesidades de los peatones.
- ◉ Necesidad de desalojar la intersección por parte de los vehículos y los peatones al cambiar las indicaciones.
- ◉ Velocidad de despeje y entrada de los vehículos, bicicletas y peatones en función del movimiento.



- Movimientos de giro.

La sincronización de los semáforos puede considerarse completa cuando comprende una serie de intersecciones con semáforos que tienen que ser operados para proporcionar el movimiento continuo de grupos de vehículos. Existen programas de computación para estos fines.

### 7.2.2.3 División del tiempo total del ciclo

Es importante asignar a las diversas calles de una intersección el tiempo que corresponde a la señal de la luz verde según las demandas del tránsito. El método que se describe a continuación ha dado resultados satisfactorios.

Si los espaciamientos entre vehículos que salen de la intersección, medidos en tiempo durante la hora de máxima demanda de tránsito, son aproximadamente iguales en los carriles críticos de las calles que se intersectan, la repartición del ciclo con indicaciones de luz verde será más o menos correcta cuando los lapsos correspondientes a cada calle se hacen directamente proporcionales a los volúmenes de tránsito en los carriles críticos.

Si durante la hora de máxima demanda existe una diferencia notable en los espaciamientos, medidos en tiempo, entre los vehículos de los dos carriles críticos, debida, por ejemplo, a la presencia de camiones, buses y busetas en sólo uno de dichos carriles, la división del ciclo con indicaciones de luz verde será aproximadamente correcta, si los lapsos parciales se hacen proporcionales a los productos de volúmenes por espaciamientos en los carriles críticos de las calles que se cruzan.

Como ejemplo, supongamos que se ha escogido un ciclo de 60 segundos y que el tiempo necesario para que los vehículos desalojen la intersección inmediatamente después de la indicación de luz verde es de 5 segundos en cada calle, esto deja un total de 50 segundos de luz verde a dividirse entre las dos calles. Supongamos que los volúmenes  $V_a$  y  $V_b$  en los carriles críticos durante la hora de máxima demanda de tránsito en las calles A y B son de 400 y 250 vehículos, respectivamente. En el primer caso, supongamos que el espaciamiento entre vehículos para cada una de las calles es el mismo. Los tiempos aproximados  $T_a$  y  $T_b$  correspondientes a la indicación de luz verde para las calles A y B, se obtienen como sigue:

$$\frac{T_a}{T_b} = \frac{400}{250} \quad \text{y} \quad T_a + T_b = 50 \text{ segundos ( tiempo total de la luz verde)}$$

$$\frac{T_a}{50 - T_a} = \frac{400}{250} \quad \text{entonces} \quad T_a = 31 \text{ segundos y } T_b = 50 - 31 \text{ segundos} = 19 \text{ segundos}$$

En el segundo caso, supongamos que el espaciamiento entre vehículos al arrancar en la calle A ( $E_a$ ) es de 3 segundos y el espaciamiento ( $E_b$ ) en la calle B es de 5 segundos. La diferencia en espaciamiento se podría deber a un alto porcentaje de camiones en el carril crítico de la calle B. La división de los tiempos con indicaciones de luz verde se obtiene, en forma aproximada, como sigue:

$$\frac{T_a}{T_b} = \frac{T_a \times E_a}{T_b \times E_b} = \frac{400 \times 3}{250 \times 5}$$

$$\frac{T_a}{50 - T_a} = \frac{400 \times 3}{250 \times 5}$$

Se debe insistir en que cálculos tan elementales como los anteriores únicamente son un medio

$$T_a = 24 \text{ segundos y } T_b = 50 - 24 = 26 \text{ segundos}$$





aproximado para determinar el tiempo que corresponde a cada calle.

Otras consideraciones, tales como el tiempo necesario para cruces de peatones y las condiciones geométricas de la intersección, también afectan las amplitudes de los ciclos de semáforos. Después de la elección inicial de la duración del ciclo y del programa de tiempos, se efectuarán revisiones y estudios del semáforo en funcionamiento, para obtener el programa más adecuado.

Como regla general, ningún lapso de luz verde será menor que el tiempo necesario para que el grupo de transeúntes que espera el cambio de indicaciones pueda cruzar, excepto cuando se dispone de un intervalo especial para peatones. Los experimentos con tiempos de semáforos, en cuanto se refiere a circulación de vehículos, han demostrado que se puede alcanzar una excelente eficacia bajo ciertas condiciones de máxima demanda de tránsito con lapsos de luz verde tan breves como de 15 segundos; sin embargo, normalmente deben ser algo mayores para permitir a los peatones cruzar la calle con seguridad.

Cuando el tiempo para cruce de peatones coincide con el período de luz verde, éste debe ser lo suficientemente prolongado para que se disponga de no menos de 5 segundos en los que se indica a los peatones que pueden empezar a cruzar y lo suficientemente largo para permitir, a los que ya empezaron a cruzar, llegar hasta una zona de seguridad. Por ejemplo, si se requieren 14 segundos para que los peatones crucen la calle o lleguen a una zona de seguridad y el intervalo para el despeje de vehículos (amarillo) es de 3 segundos, el intervalo total en luz verde debe ser, como mínimo de  $5 + 14 - 3 = 16$  segundos.

#### 7.2.2.4 Coordinación de semáforos de tiempo fijo o predeterminado

En general, todos los semáforos de tiempo fijo o predeterminado separados entre sí hasta 1.000 m, que controlan el mismo tránsito en una vía principal o en una red de intersecciones de rutas preferenciales deben operar coordinadamente.

Aún a distancias mayores, la coordinación puede ser recomendable bajo ciertas circunstancias.

Se recomienda el empleo de controles interconectados. Sin embargo, la coordinación no podrá mantenerse en las fronteras de sistemas de semáforos que operan en diferentes ciclos, por lo que en un corredor coordinado se deben tener ciclos iguales o ciclos equivalentes (90 - 45, 120 - 60).

La coordinación debe incluir tanto semáforos accionados como no accionados o pre-sincronizados siempre y cuando se ubiquen a distancias apropiadas.

Grandes inconvenientes y demora son el resultado de la operación independiente, no interrelacionada de instalaciones de semáforos estrechamente adyacentes que operan con control pre-sincronizado. La mayor parte de este retardo puede eliminarse mediante una coordinación planificada cuidadosamente.

Debe tenerse en cuenta la velocidad de operación y su afectación por agentes exógenos (pavimento, vendedores).

#### 7.2.2.5 Tipos de coordinación



La clasificación más útil de los sistemas de control de semáforos está basada en el método de coordinación. Puesto que el propósito de esta coordinación es organizar y dar fluidez al tránsito, es esencial entender de qué manera operará la corriente vehicular según los diversos sistemas. Según esto, existen cuatro tipos de sincronización de semáforos no accionados o pre-sincronizados: Sistema simultáneo, sistema alterno, sistema progresivo limitado y sistema progresivo flexible.

#### a) Sistema simultáneo.

En un sistema simultáneo todos los semáforos muestran la misma indicación a lo largo de la vía aproximadamente al mismo tiempo.

Este es uno de los primeros tipos de sistemas de semáforos importantes en la práctica moderna.

En todas las intersecciones, la sincronización esencialmente es la misma y las indicaciones cambian simultáneamente o casi al mismo tiempo, de manera que todos los semáforos indiquen luz verde en la dirección de la calle principal y luz roja en todas las caras que den a las calles secundarias, cambiando alternadamente.

Si únicamente se trata de coordinar hasta cinco intersecciones muy próximas entre sí, deberá emplearse este sistema, dejando un tiempo de luz verde suficiente en la calle principal para permitir que pase una proporción mayor de la circulación y despeje de las intersecciones.

Cuando la intensidad del tránsito es alta, el sistema simultáneo puede dar buenos resultados. Cuando el volumen de tránsito es bajo este sistema no es recomendable, debido a que se propician altas velocidades entre tiempos de luz verde y la velocidad media resulta baja debido a la detención simultánea de todo el tránsito a lo largo de la vía, que impide el movimiento continuo.

Igualmente, la proporción de longitud de ciclo e intervalo usualmente es controlada por los requerimientos de una o dos intersecciones principales del sistema. Esto puede causar grandes deficiencias en las intersecciones restantes.

#### b) Sistema alterno

En el sistema alterno los semáforos adyacentes o grupos de semáforos adyacentes muestran indicaciones alternas a lo largo de una ruta determinada. En el sistema alterno sencillo, los semáforos adyacentes muestran indicaciones contrarias u opuestas. Los sistemas alternos dobles y triples consisten en un grupo de dos o tres semáforos que respectivamente muestran indicaciones contrarias.

El sistema alterno usualmente es un mejoramiento del sistema simultáneo en el sentido de que a través de una serie de intersecciones controladas de esta manera puede haber, bajo condiciones favorables, un movimiento continuo de grupos de vehículos a una velocidad predeterminada, siendo esto sumamente eficiente donde las longitudes de las cuadras, o de los grupos alternados de cuadras, son iguales.

En estos sistemas se deja un desfase de medio ciclo entre grupos de intersecciones adyacentes,



El sistema alterno puede ser operado con un solo control, aunque es recomendable el uso de controles locales para una mayor flexibilidad en la operación.

#### c) Sistema progresivo limitado

En el sistema progresivo limitado se fija una duración común a los ciclos y las indicaciones de luz verde se dan independientes, de acuerdo con las exigencias de cada intersección y de conformidad con un programa de tiempos para permitir circulación continua o casi continua de grupos de vehículos que circulan a la velocidad de proyecto.

La supervisión de un sistema progresivo limitado se hace mediante un controlador maestro a través de interconexión de cables o por medio de señales transmitidas por ondas. Puede utilizarse para mantener relaciones de sincronización (desfasamiento) apropiadas entre semáforos, o pueden emplearse controladores impulsados por motores sincrónicos operados por una fuente común o sincronizada eléctricamente sin interconexión o supervisión remota mediante un control maestro. Pero las fallas de energía, los descensos bruscos del voltaje y las variaciones de temperatura pueden causar que los controladores individuales se salgan de su ritmo e interrumpan el movimiento planificado de los vehículos.

Para asegurar una operación satisfactoria es necesaria una inspección periódica de estos sistemas. Los indicadores de fallas de potencia visuales aceleran la detección de los controladores que no estén funcionando dentro de la programación deseada.

#### d) Sistema progresivo flexible

El sistema progresivo flexible abarca todas las características del sistema progresivo limitado y tiene una serie de características adicionales que dependen del tipo de controlador de la intersección, del control maestro y de otros accesorios. Se usa un ciclo común en todo el sistema. No obstante, la duración del ciclo se puede variar con la frecuencia que se desee, en función del día de la semana y/o la hora del día.

Mediante el uso de controles en intersecciones con carátulas múltiples, es posible establecer varios programas para la división del ciclo y cambiar los desfasamientos con la frecuencia deseada. Se pueden establecer programas de tiempo predeterminados en los controles múltiples, favoreciendo o dando preferencia a las circulaciones de máxima demanda durante el día o la semana, demandas fuera de la hora pico y otras condiciones del tránsito. Con esta flexibilidad es posible dar servicio eficaz a demandas variables del tránsito en cada intersección dentro del sistema.

Los motores sincrónicos operados desde una fuente de energía de frecuencia variable pueden proporcionar varias longitudes de ciclo diferentes y el número de programaciones posibles pueda expandirse adecuadamente.

En un sistema progresivo es necesario conocer las demandas de tránsito para poder seleccionar los programas de tiempo y coordinación apropiados. Las mediciones de intensidades de tránsito y de velocidad son esenciales para determinar correctamente las duraciones de ciclos, sus divisiones y desfasamientos. Con objeto de obtener la máxima flexibilidad, los aforos de tránsito deben efectuarse



frecuentemente.

La velocidad o las velocidades para las que se diseña un sistema progresivo flexible deben concordar con las que desarrolla el tránsito si se suprimen paradas para permitir circulaciones transversales y pasos de peatones. Después de que la corriente vehicular se haya adaptado al sistema progresivo, es posible aumentar la velocidad sin perjuicio de la seguridad.

Los sistemas progresivos en arterias urbanas se regulan para velocidades que varían desde 30 hasta 60 kilómetros por hora. Debe darse atención a la relación de las velocidades de proyecto de los sistemas de semáforos y las velocidades legalmente permitidas.

En general, un sistema progresivo flexible diseñado y operado adecuadamente, es el sistema pre-sincronizado que mejor se adapta al movimiento eficiente del tránsito. Sus ventajas incluyen las siguientes:

- Con una capacidad de vías adecuadas y un espaciamiento favorable entre semáforos, el movimiento continuo de grupos enteros de vehículos es posible con un mínimo de retardo y a una velocidad promedio planificada para el sistema.
- Un alto grado de eficiencia resulta al proporcionar períodos de verde para ajustarse a los requerimientos del tránsito en cada intersección.
- Se estimulan velocidades más uniformes.
- Se adapta mejor a las diferencias en las longitudes de las cuadras que otros sistemas pre-sincronizados.

#### 7.2.2.6 Condiciones que afectan la eficiencia de los sistemas de semáforos

Ciertas condiciones reducen considerablemente la eficiencia de los sistemas de semáforos, aún la de los mejores sistemas progresivos flexibles. Entre éstas están:

- a) Los ciclos demasiados cortos pueden ocasionar cortes repetidos de la ola verde
- b) Si es de uno o doble sentido
- c) Espaciamiento muy corto entre semáforos ( esta condición particular no afecta al sistema simultáneo)
- d) Capacidad de vías inadecuada e interferencias causadas por el estacionamiento y las operaciones de cargue y descargue
- e) El tránsito compuesto de unidades que se desplazan a velocidades que difieren ampliamente, tales como tranvías, buses, busetas, microbuses y camiones, especialmente en calles estrechas
- f) Ciertos tipos de intersecciones complicadas, tales como las que requieren tres o más fases por ciclo o la



variabilidad del número de fases en las intersecciones del corredor semaforizado

- g) Grandes volúmenes de vehículos que entran o salen de la arteria, especialmente si la calle hacia la que cruzan es corta o de capacidad limitada de otra índole
- h) Intervalos exclusivos para peatones
- i) Diferentes distancias entre más de dos intersecciones

#### 7.2.2.7 Recomendaciones

Para obtener una mayor eficiencia de las instalaciones de semáforos, se hacen las siguientes recomendaciones:

- a) No emplear intervalos muy breves entre indicaciones
- b) Proporcionar la capacidad adecuada a la calle y evitar la interferencia con maniobras de estacionamientos, cargue y descargue
- c) Evitar las corrientes de tránsito compuestas por vehículos con velocidades demasiado variables, como tranvías, buses, busetas, microbuses, camiones comerciales y automóviles de pasajeros, especialmente en calles angostas
- d) Mantener el mismo número de fases a lo largo del corredor semaforizado
- e) Simplificar los movimientos en ciertos tipos de intersecciones complicadas que demandan tres o más fases por ciclo
- f) Si las velocidades proyectadas de un sistema de semáforos son bastante inferiores a las velocidades máximas permitidas, se deben instalar señales reglamentarias (SR-30) que reglamenten la velocidad a los conductores. Las señales se colocarán lo más cerca posible de los semáforos y a intervalos necesarios para cumplir su objetivo
- g) Cuando los semáforos estén funcionando, y más si es dentro de una red sincronizada, ningún otro elemento debe regular el tránsito, incluyendo el policía de tránsito, ni debe impartir indicaciones de circulación, máxime si éstas son contrarias a las impartidas por los semáforos

#### 7.2.3 Semáforos accionados por el tránsito

Un semáforo accionado por el tránsito es un sistema cuyo funcionamiento varía de acuerdo con las demandas del tránsito que registren los detectores de vehículos o peatones, los cuales suministran la información a un control local.

Se usarán en las intersecciones donde los volúmenes de tránsito fluctúan considerablemente en forma irregular y en donde las interrupciones de la circulación deben ser mínimas en la dirección principal.



Los semáforos accionados por el tránsito se clasifican en tres categorías generales:

a) Semáforos totalmente accionados:

Disponen de medios para ser accionados por el tránsito en todos los accesos de la intersección.

b) Semáforos parcialmente accionados:

Disponen de medios para ser accionados por el tránsito en uno o más accesos de la intersección, pero no en todos.

c) Semáforos ajustados al tránsito:

Es un tipo de semáforo en el cual las características del despliegue de señales en los controladores locales para un área o para una calle, varían continuamente de acuerdo con la información sobre el flujo del tránsito suministrada a un computador maestro por detectores de muestreo ubicados en puntos de flujo típico en el área.

Para cada categoría hay diferentes sistemas de controles con distintas aplicaciones.

Si de acuerdo con los requisitos correspondientes se justifica instalar semáforos no accionados, también se debe analizar la conveniencia de emplear semáforos accionados por el tránsito. Sin embargo, como los semáforos accionados por el tránsito son mas flexibles para fluctuaciones rápidas y normalmente no ocasionan demoras innecesarias, no es aconsejable fijar valores mínimos para su instalación. Algunos factores que se deben tomar en cuenta son los siguientes: Volumen vehicular, circulación transversal o tránsito cruzado, volúmenes en horas de máxima demanda, circulación de peatones, antecedentes sobre accidentes, fluctuaciones del tránsito, intersecciones complicadas, sistemas progresivos de semáforos, zonas de circulación en un solo sentido, cruce de peatones fuera de la intersección.

a) Volumen vehicular

En las intersecciones donde el volumen de tránsito de vehículos no sea suficientemente intenso para justificar la instalación de semáforos pre-sincronizados, se pueden instalar semáforos accionados por el tránsito, si hay otras condiciones que justifiquen la necesidad de su instalación.

b) Circulación transversal o tránsito cruzado

Cuando el volumen de tránsito en la calle principal es tan intenso que restringe y provoca conflictos a la circulación transversal o tránsito cruzado de vehículos y de peatones, se deben instalar semáforos accionados por el tránsito para permitir el paso a la circulación secundaria.

No obstante, el tránsito de la calle principal puede ser interrumpido indebidamente e innecesariamente, si el tránsito de la calle secundaria es suficientemente intenso para exigir el derecho de paso a intervalos frecuentes. En estos casos, se hace necesario limitar los tiempos correspondientes a la indicación de la luz



verde para el flujo transversal proveniente de la calle secundaria.

#### c) Volúmenes en horas de máxima demanda

Cuando se requieran semáforos en una intersección exclusivamente durante las horas de máxima demanda, se pueden instalar semáforos accionados por el tránsito, si se justifican económicamente, puesto que en otras horas no ocasionan demoras inconvenientes.

#### d) Circulación de peatones

Cuando únicamente se tienen las condiciones de volúmenes mínimos de peatones, especificados para semáforos pre-sincronizados, pueden ser preferibles los semáforos accionados por el tránsito, ya que únicamente detendrán la circulación y demorarán los movimientos de vehículos cuando crucen peatones.

#### e) Antecedentes sobre accidentes

Cuando sólo se satisface el requisito mínimo relativo a antecedentes sobre accidentes, especificado para semáforos pre-sincronizados, se debe tomar en consideración la posibilidad de instalar semáforos accionados por el tránsito, ya que pueden reducir las paradas y demoras que comúnmente están asociadas con los accidentes después de la instalación. Los semáforos actuados por el tránsito pueden estar justificados económicamente en lugares donde la experiencia de accidentes sea menor que la que justifican los semáforos pre-sincronizados, pero debe hacerse un análisis cuidadoso para asegurar resultados efectivos.

#### f) Fluctuaciones del tránsito entre las calles

En los casos en que los volúmenes relativos de tránsito en las calles entrantes o concurrentes varíen ampliamente en una intersección donde se justifiquen semáforos no accionados por el tránsito o pre-sincronizados, el semáforo totalmente accionado por el tránsito da usualmente la mayor eficiencia en la operación de la intersección.

#### g) Intersecciones complicadas (operación forzada-nivel de servicio elevado)

Cuando se justifique instalar semáforos en intersecciones complicadas que requieran varias fases, se debe estudiar la conveniencia de usar semáforos accionados por el tránsito. En estos casos, además de las ventajas usuales se puede eliminar una fase cuando no haya tránsito que la demande.

#### h) Sistemas progresivos de semáforos

Cuando los espaciamientos y otras características de una intersección dentro de un sistema de semáforos pre-sincronizados sean tales que no se pueda lograr la sincronización progresiva, puede resultar mas ventajoso el empleo de semáforos accionados por el tránsito.

#### i) Zonas con circulación en un solo sentido

En tramos de una calle de doble circulación, en los que el tránsito sólo puede desplazarse en un sentido, en





un tiempo determinado, como en puentes y túneles angostos o en tramos de vías en construcción, los semáforos accionados por el tránsito pueden emplearse eficazmente.

#### j) Cruce de peatones fuera de la intersección

Los cruces de peatones concentrados en escuelas u otros cruces importantes de peatones, donde las intersecciones se encuentren a una distancia considerable, pueden justificar los semáforos actuados por los peatones.

Si, de acuerdo con algunos requisitos anteriores, se ha decidido instalar un semáforo accionado por el tránsito, se elegirá necesariamente el tipo de mecanismo de control que debe emplearse. Las elecciones posibles incluyen las siguientes:

- Control parcialmente accionado por el tránsito
- Control totalmente accionado por el tránsito
- Control adaptable al tránsito
- Otros controles coordinados

El uso y descripción de cada uno de estos controles se establecen en la sección 7.5.3

Puesto que los semáforos accionados por el tránsito, cuando están bien ajustados, funcionan eficazmente durante períodos de escaso tránsito y sólo ocasionan el mínimo de demoras, en forma normal funcionarán continuamente como dispositivos para dar indicaciones de luz roja y luz verde, como dispositivos de PARE y SIGA. Sin embargo, también se pueden emplear en operaciones de destello intermitentes en circunstancias especiales, como:

- Durante daños, reparaciones y trabajos de mantenimiento
- En combinación con semáforos pre-sincronizados que estén funcionando con operación de destello en las cercanías
- Cuando reciban accionamientos con prioridad de semáforos de pasos de ferrocarril a nivel

## 7.3 SEMÁFOROS PARA PASOS PEATONALES

### 7.3.1 Aspectos generales

Los semáforos para peatones son señales de tránsito instaladas con el propósito exclusivo de dirigir el tránsito de peatones en intersecciones semaforizadas.

Los semáforos para pasos peatonales se dividirán de la siguiente manera:

#### a) En zonas de alto volumen peatonal





#### b) En zonas escolares

Para la instalación de este tipo de semáforos, será necesario obtener los datos que se indicaron en la sección 7.2.1.2., fundamentalmente, el volumen de tránsito, el movimiento de peatones y la velocidad del punto.

### 7.3.2 Semáforos en zonas de alto volumen peatonal

Comúnmente llamados semáforos para peatones, son los que regulan el tránsito de peatones en intersecciones donde se registra un alto volumen peatonal y se deben instalar en coordinación con semáforos para vehículos.

Los semáforos para peatones se deben instalar cuando se satisfagan uno o más de los requisitos que a continuación se indican:

- ◉ Cuando el semáforo para el control del tránsito de vehículos se encuentra instalado bajo una condición de volumen peatonal.
- ◉ Cuando un intervalo o fase exclusiva es proporcionada para el movimiento peatonal en una o más direcciones, estando detenidos todos los movimientos conflictivos de vehículos.
- ◉ Cuando cualquier volumen de flujo peatonal requiere el uso de un intervalo libre para ellos con el fin de reducir al mínimo la interferencia entre vehículos y peatones, o cuando es necesario ayudar a los peatones para que puedan cruzar la calle con toda seguridad.
- ◉ Cuando los peatones cruzan una parte de la calle desde una zona de seguridad o hacia ella durante un cierto intervalo en el que no les está permitido cruzar en otra parte de la calle durante ese intervalo.
- ◉ Cuando la circulación de vehículos pesados que dan vuelta, demanda una fase semi- exclusiva para protección de los peatones.
- ◉ Cuando la intersección es demasiado amplia o complicada o cuando una calle es tan ancha que los semáforos para vehículos no servirían adecuadamente a los peatones.
- ◉ Cuando el intervalo mínimo de luz verde para vehículos en intersecciones con controles accionados por el tránsito, es menor que el tiempo para cruce de peatones y se provee equipo para extender el tiempo verde de vehículos con actuación por los peatones.
- ◉ Cuando, al incrementar los intervalos del ciclo por medio del control maestro, pudieran confundirse los peatones al guiarse exclusivamente por los semáforos para vehículos.
- ◉ Cuando el movimiento de peatones es permitido en un lado de una intersección mientras se detiene el tránsito continuo para proteger los movimientos de giro de otros vehículos, en el otro lado de la intersección.



Las lentes de los semáforos para peatones deben ser de color rojo y verde.

La interpretación de las indicaciones de los semáforos para peatones será la siguiente:

- La indicación PARE iluminada en color rojo quiere decir que el peatón no deberá atravesar la calle en dirección a la señal, mientras ésta se encuentra encendida.
- La indicación PASE iluminada en color verde significa que los peatones que se encuentran frente al semáforo pueden cruzar la calle en dirección del mismo.

De otra parte, se considera fundamental suministrar señales acústicas para los peatones invidentes que les indiquen que disponen de un cruce peatonal controlado con semáforo.

Será necesario que exista una cara para cada sentido de circulación de los peatones.

Los semáforos para peatones se instalarán generalmente en la acera opuesta, con su parte inferior a no menos de dos metros cero cinco centímetros (2,05 m), ni más de 3 metros, sobre el nivel de la acera, de tal manera que la indicación quede en la visual del peatón que tiene que ser guiado por dicha señal. Las zonas destinadas para el paso de peatones deben proveer una rampa para ser utilizada por las personas discapacitadas, las cuales se desplazan utilizando sillas de ruedas u otros elementos.

Cada semáforo para peatones puede montarse separadamente o en el mismo soporte de los semáforos para el control del tránsito de los vehículos, debiendo existir una separación física entre ellos.

La cara del semáforo deberá colocarse en posición vertical y normal con respecto a la circulación de los peatones.

Todas las lentes de los semáforos para peatones y ciclistas pueden ser de forma circular o cuadrada, tal como lo muestra la figura 7.18.

Los lentes de forma circular deberán ser de 20 ó 30 cm de diámetro. En cuanto a las de forma cuadrada, sus dimensiones serán generalmente de 20 ó 30 cm por lado.

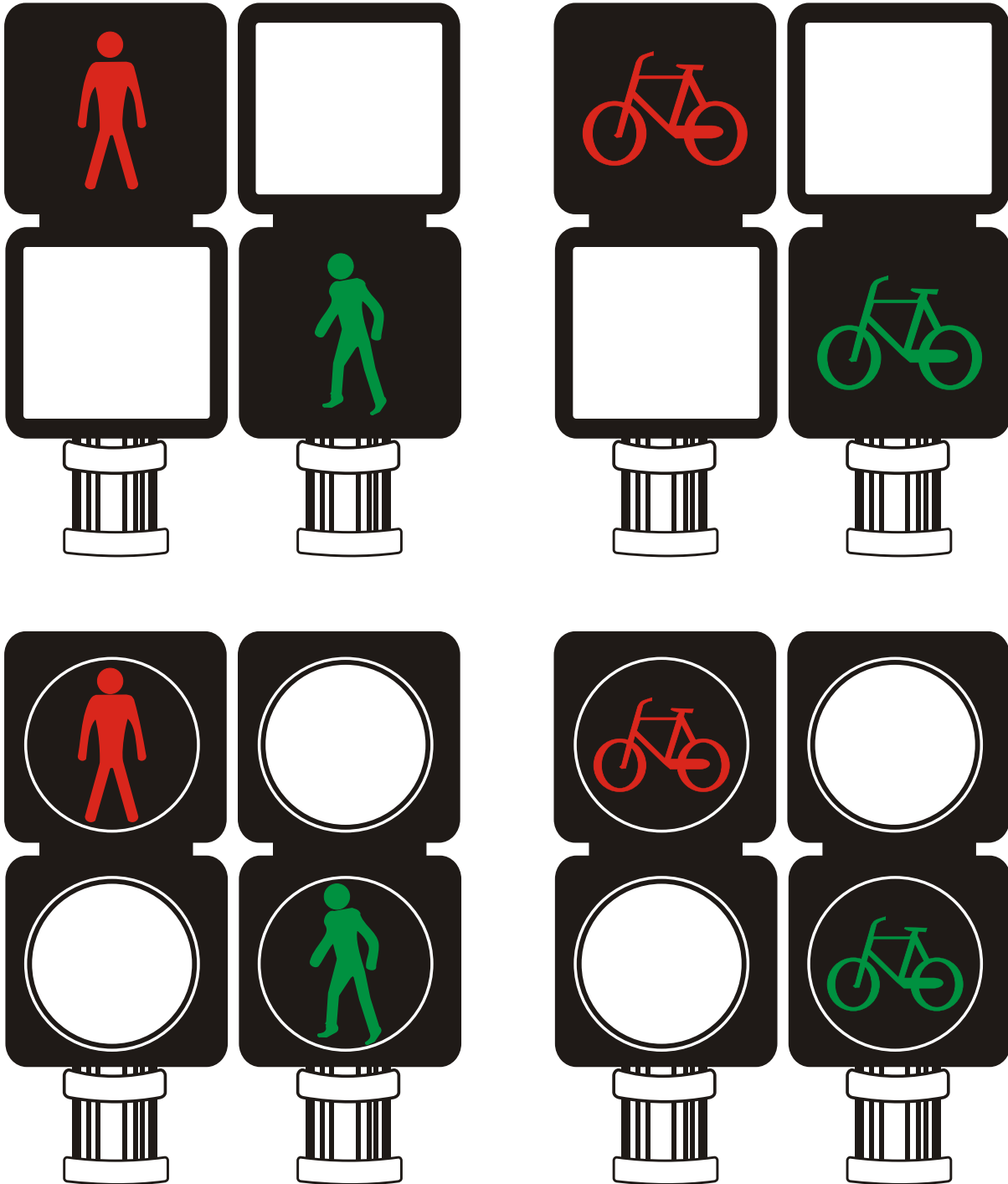
Será indispensable que cada cara de los semáforos para peatones lleve dos lentes con las inscripciones respectivas y dispuestas verticalmente, quedando la señal de PARE en la parte superior y la señal de PASE en la parte inferior.

Las lentes deberán llevar inscrito el mensaje por medio de símbolos en fondo oscuro, que representarán una persona que está caminando cuando se le da el paso (PASE), y una persona parada, cuando se le prohíbe el paso (PARE). Los símbolos deberán estar iluminados con color rojo para la indicación de PARE y verde para la indicación de PASE.

En los cruces para peatones, donde la distancia por recorrer sea mayor de 18 metros, el símbolo tendrá por lo menos una altura de 23 cm, tal como se ilustra en la figura 7.19.



Figura 7.18 Semáforos para peatones



- PASE.

Mientras la indicación de PASE está iluminada, los peatones frente a la señal pueden cruzar la calzada en dirección a la señal; los conductores de todos los vehículos deberán cederles el derecho de paso.

- c) NO PASE (PARE).

Mientras la indicación de NO PASE está iluminada, los peatones no podrán comenzar a cruzar en dirección a la señal; pero los que hayan completado parcialmente el cruce durante la indicación de PASE proseguirán hasta la acera o hasta la isla de seguridad, si la hubiere.

Las indicaciones peatonales deberán llamar la atención de los transeúntes, siendo al mismo tiempo visibles, tanto en el día como en la noche, desde cualquier punto localizado algunos metros antes del cruce y hasta la longitud total a cruzar.

Cuando los semáforos para peatones se monten en postes junto con los semáforos para control vehicular, de ser factible, las indicaciones de estos últimos no serán directamente visibles por los peatones al principio del paso de los mismos; en cambio, el semáforo para éstos deberá colocarse de manera que tenga la máxima visibilidad al inicio del cruce de los transeúntes.

Las indicaciones (caras) para peatones deberán iluminarse por períodos continuos. Cuando los semáforos para el control del tránsito de una intersección están funcionando en forma intermitente, las señales para peatones deberán apagarse.

Existen varias formas en que se pueden combinar y operar las fases de los semáforos de peatones con las fases de los semáforos para el control vehicular. A continuación, se describen cuatro combinaciones básicas:

- Fase combinada para peatones y vehículos

Es la disposición de fase de los semáforos para que los peatones puedan avanzar por ciertos pasos paralelos a la circulación de los vehículos que transitan de frente y en la cual se permite a los mismos girar cruzando dichos pasos.

- Fase semi-exclusiva para peatones y vehículos

Es la disposición de fases de los semáforos según la cual los peatones pueden proceder a usar ciertos pasos simultáneamente con circulaciones paralelas de vehículos o con otras circulaciones en la que a los vehículos no se les permite girar cruzando los pasos de los peatones, mientras éstos los están utilizando.

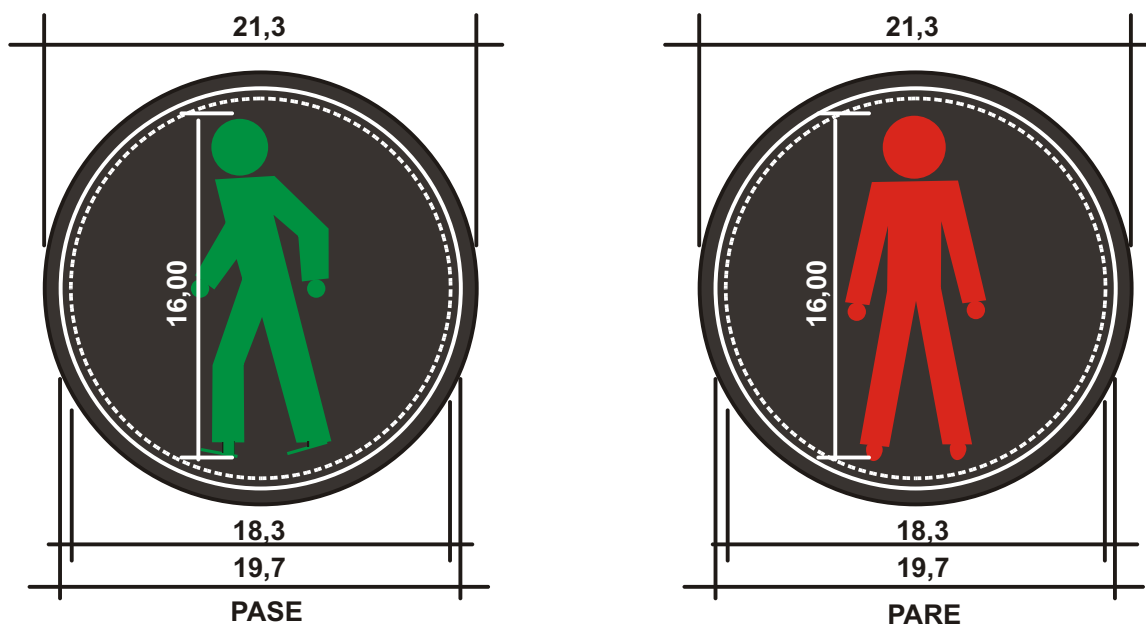
Fase con prioridad para peatones

Es la disposición de fases en la cual se tiene una fase exclusiva para los peatones que cruzan la calle principal antes de la fase para circulación de vehículos en la calle secundaria.

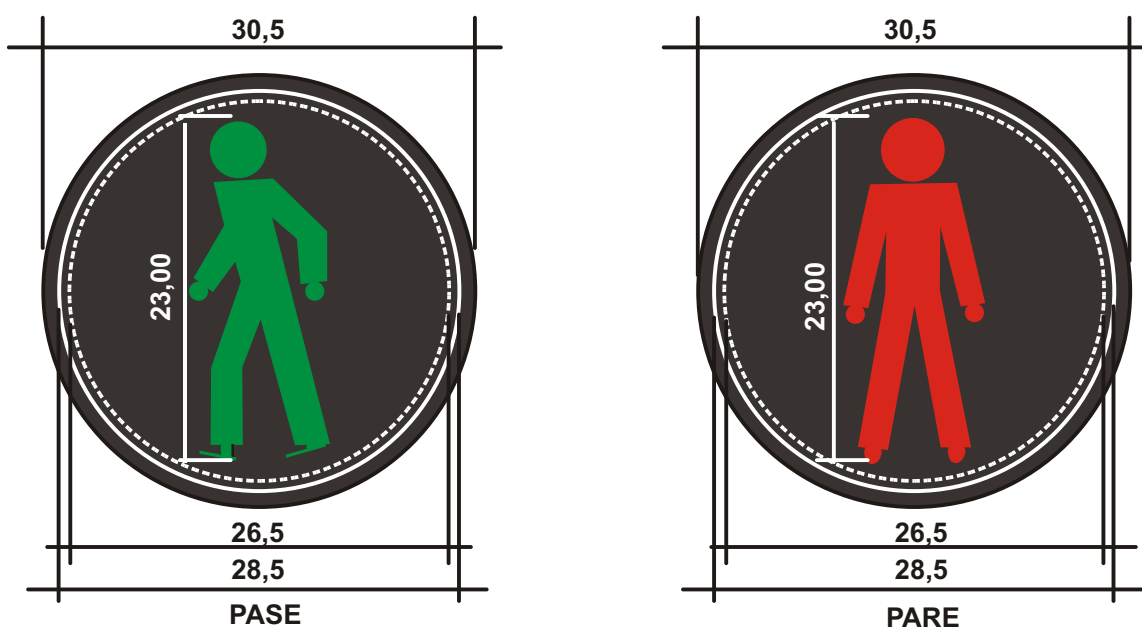
- Fase exclusiva para peatones



Figura 7.19 Inscripciones en las lentes de semáforos para peatones



LENTE DE 20 cm



LENTE DE 30 cm.

Es la disposición de fases que permite a los peatones cruzar la intersección en cualquier dirección durante una fase exclusiva en la que todos los vehículos están detenidos. Se recomienda el uso de este tipo de programación acompañado de un sistema de accionamiento de peatones o semidependencia.

En la operación de semáforos de tiempo fijo o predeterminado, cuando el tiempo mínimo de PASE más el de despeje de peatones es mayor que el intervalo necesario para el tránsito vehicular, regirá el de peatones, ajustándose el intervalo vehicular a él.

En condiciones normales, el tiempo mínimo de PASE no deberá ser menor de 7 segundos para que los peatones tengan oportunidad de completar el cruce antes de que aparezca el intervalo de despeje. En calles con islas centrales, de cuando menos 1,20 metros de ancho, sólo se necesita dejar tiempo suficiente para despeje de peatones en una fase, de manera que puedan cruzar desde la acera hasta la isla. En este caso, si el semáforo es accionado por los peatones, se puede necesitar un detector adicional en la isla.

### **7.3.3 Semáforos en zonas escolares**

Los semáforos en zonas escolares son dispositivos especiales para el control del tránsito de vehículos que se colocan en los cruces establecidos en los centros educativos con el propósito de prevenir al conductor de la presencia de un cruce peatonal.

Cuando los semáforos en zonas escolares son diseñados adecuadamente, localizados y operados bajo condiciones que garantizan plenamente su uso, tienen las siguientes ventajas:

- Considerando los costos iniciales y de operación, los semáforos en zonas escolares, a lo largo de varios años, representan una importante economía comparados con la vigilancia policiaca y otros elementos similares
- En el caso de que instalen semáforos para el control del tránsito vehicular, bajo condiciones de espaciamiento adecuado, pueden ser coordinados con semáforos adyacentes para proporcionar un movimiento continuo o casi continuo del tránsito de vehículos

Un semáforo en zona escolar se justifica cuando existe un cruce escolar establecido y cuando un estudio de ingeniería de tránsito muestre que los intervalos en el flujo vehicular son inferiores al tiempo requerido para que los escolares crucen normalmente la calle.

Considerando lo anterior, los semáforos en zonas escolares resultaran necesarios cuando:

- El volumen horario de peatones que cruza la calle principal pasa de 250 durante dos horas y en cada una de ellas el volumen de tránsito de vehículos excede de 600
- No existe ningún otro semáforo dentro de un radio de 300 metros

Las lentes de los semáforos en zonas escolares serán de color amarillo, con excepción de las que tienen inscripciones, que tendrán un fondo oscuro con la inscripción luminosa en color blanco.



Como la función de estos semáforos es la de prevenir al conductor de la presencia de una zona escolar, deberán funcionar con 50 ó 60 destellos por minuto, alternados entre las lentes amarillas y la lente con la inscripción. Cuando se encuentren funcionando, los conductores de los vehículos deberán entrar en la zona escolar a baja velocidad y continuarán su marcha por ella con precauciones especiales. Por ningún motivo deberá utilizarse la luz amarilla fija.

Será necesario que exista una cara para cada sentido de circulación vehicular que es cruzado por el movimiento peatonal.

Se localizarán precisamente en el punto de cruce del movimiento peatonal y la altura se ajustará a lo indicado en la sección 7.2.1.5.

La cara del semáforo deberá colocarse en posición vertical y a 90 grados con respecto al eje de la calle y con una inclinación de 5 grados hacia abajo.

La forma de las lentes para este tipo de semáforos será una combinación de lentes circulares con una lente cuadrada, la cual llevará una inscripción. En la figura 7.20 se muestra esta disposición.

Las lentes circulares tendrán normalmente un diámetro nominal de 20 cm, mientras que la cuadrada será de 30 cm por lado.

La cara se integrará por tres lentes en el sentido vertical que se colocaran en el siguiente orden: circular, cuadrada y circular.

Únicamente la cara cuadrada llevará la figura de cruce de escolares y su altura será de 23 cm como mínimo. Cada lente se iluminará independientemente. Las indicaciones del semáforo deberán distinguirse claramente desde una distancia mínima de 300 m en condiciones atmosféricas normales.

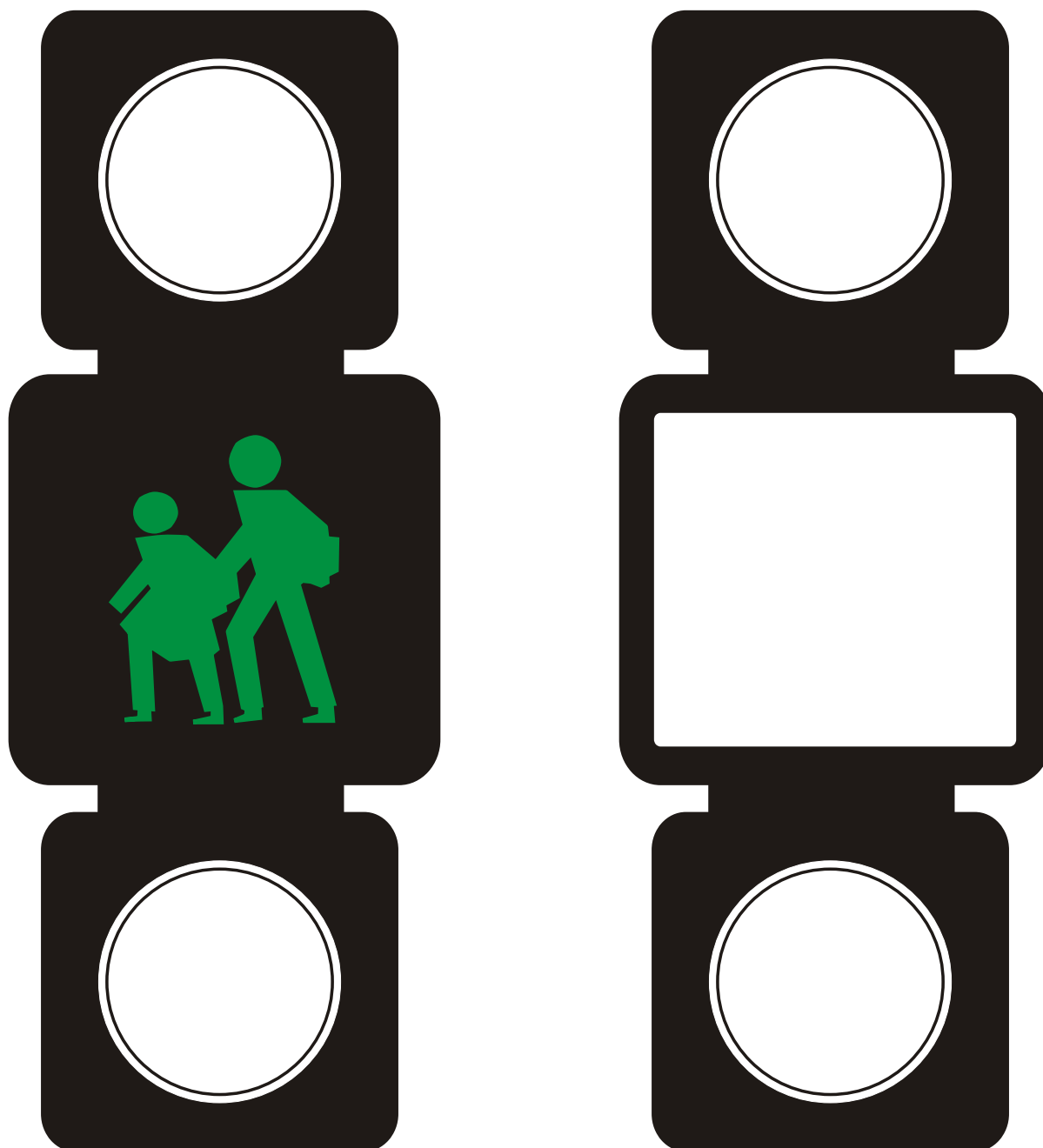
Los semáforos en zonas escolares comúnmente se apoyan en soportes de tipo ménsula o suspendidos por cables y son poco efectivos para controlar el cruce de los peatones. Por lo tanto, se complementarán con semáforos vehiculares y peatonales, colocados sobre postes y ubicados en el paso de los peatones, cuando se justifiquen o bien en las intersecciones próximas.

Los semáforos complementarios para el control del tránsito deberán ser instalados bajo las siguientes condiciones:

- En las zonas de cruce que no estén en una intersección, tendrán semáforos peatonales accionados por los usuarios del mismo. Los semáforos peatonales deberán instalarse cuando menos en cada cruce de escolar.
- En una intersección, el semáforo para vehículos deberá ser adecuado al tránsito existente. Las instalaciones de una intersección que puedan integrarse en sistemas progresivos podrán usar un control no accionado por el tránsito.
- Los sitios sin intersección de calles están libres de los peligros de los vehículos que giran y pueden ofrecer



Figura 7.20 Semáforos para zonas escolares





una ventaja para los escolares; sin embargo, pueden presentar un elemento inesperado para los conductores al encontrar un cruce para peatones entre intersecciones semaforizadas; por lo tanto deberá tenerse mucho cuidado con la colocación de los semáforos y la señalización vertical y horizontal usada en esos sitios, para asegurarse de que los conductores están conscientes de esta aplicación especial.

- ◉ No deberá permitirse el estacionamiento de vehículos en los 30 metros anteriores a un cruce escolar ni en los 10 metros siguientes.
- ◉ Durante los lapsos en que no exista movimiento de escolares en el día y en los períodos inhábiles de los centros escolares, estos dispositivos deberán estar fuera de operación.

## **7.4 SEMÁFOROS ESPECIALES**

Los semáforos especiales para el tránsito se dividen en:

- a) Semáforos intermitentes o de destello
- b) Semáforos para regular el uso de carriles
- c) Semáforos y barreras para indicar la aproximación de trenes (pasos a nivel)

### **7.4.1 Semáforos intermitentes o de destello**

Son aquellos que tienen una o varias lentes de color amarillo o rojo que se iluminan intermitentemente.

Los semáforos de destello son útiles en lugares donde el tránsito o las condiciones físicas locales no justifican la operación de un semáforo para la regulación del tránsito de vehículos y sirven además, según lo demuestra la experiencia, para llamar la atención de los conductores en ciertos sitios en los que exista peligro.

Por la función que desempeñan existen distintos tipos de semáforos de destello como son:

- ◉ Semáforos intermitentes o de destello para indicar peligro.
- ◉ Semáforos intermitentes o de destello para regular la velocidad.
- ◉ Semáforos intermitentes o de destello para intersecciones.
- ◉ Semáforos intermitentes o de destello de PARE.

La instalación del semáforo intermitente amarillo se puede justificar como un dispositivo anticipado para advertir a los conductores de condiciones especiales, en una intersección o en otro sitio donde exista algún peligro, como son:

- ◉ Obstrucción en la vía.



- ◉ Intersección importante oculta por una obstrucción o una curva pronunciada en la vía.
- ◉ Alineamiento vertical u horizontal peligroso.
- ◉ Riesgos especiales o regulación del tránsito.

La instalación de un semáforo intermitente en una intersección con luz amarilla en la calle principal y luz roja en las calles transversales, se puede justificar de acuerdo a los siguientes casos:

- ◉ En las intersecciones donde la distancia de alcance visual quede extremadamente limitada o cuando sea importante recalcar la necesidad de hacer detención en una calle y proseguir con precaución en la otra. Este tipo de instalación es eficaz en las intersecciones en donde las velocidades de acceso exceden a las velocidades de seguridad, por las condiciones de la intersección y en donde se requiera que los conductores extremen sus precauciones
- ◉ Donde exista un gran número de accidentes susceptibles de evitarse deteniendo el tránsito o advirtiendo el peligro.

#### 7.4.1.1 Semáforos intermitentes para indicar peligro

Un semáforo intermitente o de destello para indicar peligro, esta compuesto por uno o más lentes circulares de color amarillo con un diámetro no menor de 20 cm.

Cuando se instale más de una lente, éstas deberán destellar alternadamente. Las aplicaciones más frecuentes son:

- ◉ Para indicar obstrucciones que existan en la superficie de rodadura o inmediatamente adyacente a ella.
- ◉ Como complemento anticipado, conjuntamente con señales preventivas.
- ◉ Para advertir el cruce de peatones a mitad de cuadra.
- ◉ En intersecciones donde se requiere cruzar con precaución.
- ◉ Como complemento de las señales reglamentarias, exceptuando las de "PARE" (SR-01), "CEDA EL PASO" (SR-02) y "DIRECCIÓN PROHIBIDA" (SR-04).

La ubicación de los semáforos intermitentes para indicar peligro estará en función de la aplicación que se le dé. Cuando se instalen para indicar una obstrucción dentro de la superficie de rodamiento o adyacente a ella, se deberá iluminar la parte más baja o el principio de la obstrucción, o se pondrá una señal sobre la obstrucción o frente a ella, además del semáforo intermitente.

#### 7.4.1.2 Semáforos intermitentes para regular la velocidad



La cara de un semáforo intermitente para regular la velocidad consta de dos lentes circulares de color amarillo con un diámetro no menor de 20 cm dispuestas verticalmente, emitiendo destellos alternados.

Estos semáforos se emplearán junto con una señal que indique la velocidad máxima y la base de la cabeza no deberá estar a menos de 30 cm ni a más de 60 cm arriba de la parte superior de la señal. Generalmente este tipo de semáforos se utiliza en zonas escolares y cuando esté operando, señala que la velocidad marcada es la vigente.

Los semáforos intermitentes para regular la velocidad y de pare deberán estar ubicados en el sitio de la restricción, ya que generalmente van acompañados de la señal reglamentaria correspondiente. La localización transversal y la altura de estos semáforos se apegarán a lo establecido para la señal reglamentaria, dado que siempre se colocan encima de éstas.

#### 7.4.1.3 Semáforos intermitentes para intersecciones

Un semáforo intermitente para intersecciones consiste en una o más lentes de 20 cm de diámetro como mínimo con indicaciones en destello color amarillo o rojo, dispuestas verticalmente.

Son útiles en donde el tránsito y las condiciones físicas de la intersección no justifican la operación de un semáforo convencional para el control del tránsito de vehículos, debiendo usarse el color amarillo para los accesos principales y el rojo para los secundarios. En los casos en que los índices de accidentes muestren que se trata de una intersección peligrosa, podrá usarse el color rojo para todos los accesos.

Es recomendable que en los accesos donde se aplique la intermitencia roja, se coloque una señal de PARE (SR-01), como complemento del semáforo.

Cuando los semáforos usados normalmente para regular el tránsito de vehículos sustituyen su funcionamiento normal por operaciones de intermitencia, según lo mencionado en la sección 7.2.2, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Si una de las vías tiene preferencia sobre la otra, en la primera se usará la intermitencia amarilla (PRECAUCIÓN) y en las demás, destello rojo.
- Cuando las velocidades de operación son diferentes, en la vía de mayor velocidad se empleará intermitencia amarilla y en las demás aproximaciones intermitencia roja.
- Si las características de todas las vías que convergen a una intersección son semejantes en intensidades de tránsito y velocidades de acceso, el semáforo puede funcionar con intermitencia roja en todas las direcciones.
- Las operaciones de intermitencia de un semáforo para el control del tránsito de un vehículo se deben regular por medio de un mecanismo eléctrico complementario, independiente de un mecanismo de control normal. En estos casos el cambio de operación de intermitencia o funcionamiento normal se efectuará en el intervalo inicial (cuando aparece la luz verde en dirección de la calle principal) y no se



permite cambiar de intermitencia amarilla a rojo fijo, sin que antes haya un intervalo con luz amarilla fija.

El cambio de funcionamiento normal a operación de intermitencia o destello deberá efectuarse durante el intervalo con luz verde en la calle principal. El cambio de operación común a la intermitencia roja se efectuará inmediatamente después del intervalo para despeje correspondiente a la calle principal.

Un semáforo intermitente para intersecciones normalmente estará suspendido sobre el centro de la misma intersección, sin embargo, puede instalarse en otro lugar que se considere adecuado.

#### 7.4.1.4 Semáforos intermitentes de PARE

Un semáforo intermitente o de destello de “PARE” consta de una o de dos lentes con indicaciones intermitentes color rojo. Cuando se empleen dos lentes, estas tendrán un diámetro de 20 cm, cuando se utilice una sola, ésta será de 20 ó 30 cm de diámetro. Las lentes podrán alinearse horizontal o verticalmente. Para el primer caso, la intermitencia será simultánea y para el segundo deberá ser alternada.

Los semáforos intermitentes deberán quedar a una altura no menor de 2,50 metros ni mayor de 4,50 metros, desde la superficie de rodadura hasta su parte inferior, cuando se instalen sobre postes o pedestales, excepto los semáforos intermitentes de PARE, y para regular la velocidad. Si se instalan suspendidos sobre la vía, la altura libre sobre la superficie de rodadura no deberá ser mayor de 6 m ni menor de 5,50 m.

Para ninguno de los casos, se deben instalar semáforos intermitentes sobre postes o pedestales dentro de la calzada o de la vía, a menos que se localicen dentro de una isla para vehículos y peatones.

Los semáforos intermitentes y su instalación deben satisfacer las especificaciones generales de proyecto para semáforos convencionales de tránsito y deben llenar las condiciones esenciales siguientes:

- Cada lente de la señal tendrá un diámetro visible no menor de 20 cm.
- El elemento de iluminación, la lente, el reflector y el visor serán de tal diseño que la lente, cuando está iluminada, se haga claramente visible al tránsito frente a ellas en todas las direcciones y hasta distancias de 300 m, bajo todas las condiciones atmosféricas, excepto niebla densa.
- El color de la lente será rojo para detenerse y amarillo para seguir con precaución.
- Todos los contactos eléctricos deberán estar equipados con filtros, para eliminar las interferencias de radio.
- El elemento luminoso de los semáforos intermitentes, deberá encenderse y apagarse a razón de 50 a 60 veces por minuto.
- El período de iluminación de cada destello no deberá ser menor que la mitad, ni mayor de dos tercios, del ciclo de destello total.
- Los semáforos intermitentes deberán operar solamente durante las horas en que exista peligro o



restricción.

- ◉ Un semáforo intermitente amarillo interconectado con un control de semáforos puede emplearse anticipadamente con un semáforo convencional de tránsito vehicular, como señal preventiva.

Si la brillantez de la lente amarilla es tal que causa deslumbramiento excesivo durante la operación nocturna, se puede usar un control automático para reducir dicha brillantez en ese período.

#### 7.4.2 Semáforos para regular el uso de carriles

Los semáforos para regular el uso de carriles son aquellos que controlan el tránsito de vehículos en carriles individuales de una vía. Estas instalaciones se caracterizan por las unidades de señales encima de cada carril de la calzada. A menudo se emplean señales complementarias para explicar su significado y propósito.

El uso más común de estos semáforos tiene lugar en carriles con circulación reversible (contraflujo), cuando debido a las variaciones del flujo del tránsito de una vía de doble circulación, se pueden utilizar ciertos carriles para el movimiento en un sentido durante unas horas del día y para el sentido opuesto durante otras horas. Estos dispositivos se distinguen por tener semáforos sobre cada uno de los carriles y por su forma y símbolo diferente (flecha apuntando hacia abajo y "X"), y generalmente se usan señales complementarias para explicar su finalidad y funcionamiento.

El sentido de circulación de vehículos en un carril sólo deberá invertirse o hacerse reversible después de que un estudio de ingeniería de tránsito demuestre que existe la necesidad de dicho tipo de circulación y que puede funcionar en forma eficaz y segura. Este tipo de operación puede justificarse, en los siguientes casos:

- ◉ Sobre una vía en donde se desee mantener el tránsito fuera de ciertos carriles en determinadas horas para facilitar el acceso del tránsito de una rampa u otra vía.
- ◉ En una autopista, cerca de sus extremos, para indicar el final de un carril.
- ◉ En una autopista o puente largo, para indicar que un carril está temporalmente cerrado por un accidente, reparación, etc.
- ◉ Cuando las circulaciones en las zonas en donde haya caseta de peaje exijan invertir el sentido del tránsito para el funcionamiento eficaz.
- ◉ Cuando la circulación de tránsito en un sentido, a la entrada o la salida de una zona de estacionamiento de una fábrica, estadio, centro comercial o similar, exceda a la capacidad de los carriles de tránsito de que se dispone para la circulación normal.
- ◉ Cuando por ciertas condiciones transitorias de la vía, convenga aumentar el número de carriles de que se dispone normalmente en un sentido, para atender los períodos de máxima demanda del tránsito en



una dirección.

- Cuando un movimiento de mucho tránsito es retardado y congestionado en una subida larga de tres carriles debido al lento movimiento de los vehículos pesados que suben por esa vía, justificando, por lo tanto, el uso de dos carriles para el ascenso y de un solo carril para el movimiento de descenso.

El color de las lentes para este tipo de semáforos será rojo, amarillo y verde, sobre fondo oscuro y tendrán una flecha verde indicando hacia abajo y una "X" roja iluminada sobre fondo opaco.

Los significados de las señales y de los colores en semáforos que regulan el uso de carriles son los siguientes:

a) Flecha verde apuntando hacia abajo (Fija)

Los usuarios podrán circular sobre el carril donde se encuentre iluminada esta indicación. Por lo demás, deberá obedecer todos los controles del tránsito presente y seguir las prácticas normales de conducción cuidadosa.

b) "X" amarilla (Fija)

Los conductores deberán prepararse a salir del carril en donde se ilumine esta señal con la debida precaución, porque se iniciará un cambio de uso del mismo.

c) "X" amarilla Intermitente

Los conductores podrán usar este carril para girar a la izquierda con la debida precaución.

d) "X" roja (Fija).

Los conductores no podrán conducir por el carril donde está situada la señal, debiendo desalojar éste inmediatamente. Esta indicación prevalecerá sobre cualquier otro control de tránsito existente.

Estos semáforos deberán llevar dos caras en cada carril de circulación, una para cada dirección de la circulación del tránsito.

Cuando se instalen semáforos para el control de carriles reversibles, se recomienda que en los carriles adyacentes a los mismos, así como en los carriles más alejados, también se instale una cara en cada uno de ellos para tener uniformidad del sistema y a la vez evitar confusiones.

La cara se ubicará de tal manera que sea visible a los conductores que circulan por el carril correspondiente, colocándolas directamente al centro de cada carril en ambas direcciones. Se recomienda que se instalen grupos de semáforos de tal forma que el usuario siempre esté en posibilidad de ver por lo menos dos caras. La parte inferior de la cara del semáforo deberá tener una altura libre no menor de 5,50 m, ni mayor de 6,0 m, medidos desde la superficie del pavimento.

La cara del semáforo deberá colocarse en posición horizontal y normal al sentido de circulación. Muchas



veces es conveniente darle una inclinación de 5 grados hacia abajo.

La forma de la lente de estos semáforos especiales deberá ser cuadrada para diferenciarlos de los semáforos convencionales para el control del tránsito de vehículos.

Puesto que debe tener la suficiente visibilidad para llamar la atención al conductor, la lente deberá medir 30 cm por lado, como mínimo.

El número de lentes de cada semáforo, dependerá del carril donde se coloquen. De esta manera, en los carriles reversibles se tendrán tres lentes (una roja, una amarilla y una verde) y, en los carriles adyacentes a los reversibles, incluyendo los más alejados, únicamente se instalará una lente, cuyo color (roja o verde) dependerá de la dirección del tránsito.

Cuando la cara del semáforo tenga tres lentes, la "X" ROJA deberá quedar en el lado izquierdo, la "X" AMARILLA en el centro y la FLECHA VERDE hacia abajo en el lado derecho.

Los símbolos inscritos en las lentes consisten en una flecha apuntando hacia abajo y una "X", las que deberán estar iluminadas sobre fondo oscuro, tal como se observa en la figura 7.21.

Los soportes de los semáforos para carriles con circulación reversible serán del tipo cercha o puente, similares a los usados para las señales informativas elevadas tipo pasavías, los cuales, debido a la disposición de los semáforos cubrirán todo el ancho de la calzada colocándose en línea recta y perpendicular al alineamiento de la vía.

Deberán construirse con la rigidez adecuada de acuerdo a su longitud, y con la esbeltez necesaria para que sobresalgan las indicaciones de los semáforos y no se preste a confusiones.

Cada lente se iluminará independientemente. Las indicaciones de los semáforos deberán distinguirse claramente desde una distancia mínima de 400 m en condiciones atmosféricas normales. Si el tramo que se desea controlar es de más de 400 m o si el alineamiento horizontal o vertical es curvo, así como cuando existan obstrucciones físicas o las condiciones topográficas sean desfavorables, los semáforos deberán colocarse a intervalos lo suficientemente frecuentes para que los conductores en todo tiempo puedan ver, por lo menos, una indicación y preferentemente dos (por la posibilidad de que se fundiera alguna lámpara o bombillo). De esta manera podrán tener una indicación definida de los carriles reservados específicamente para su uso.

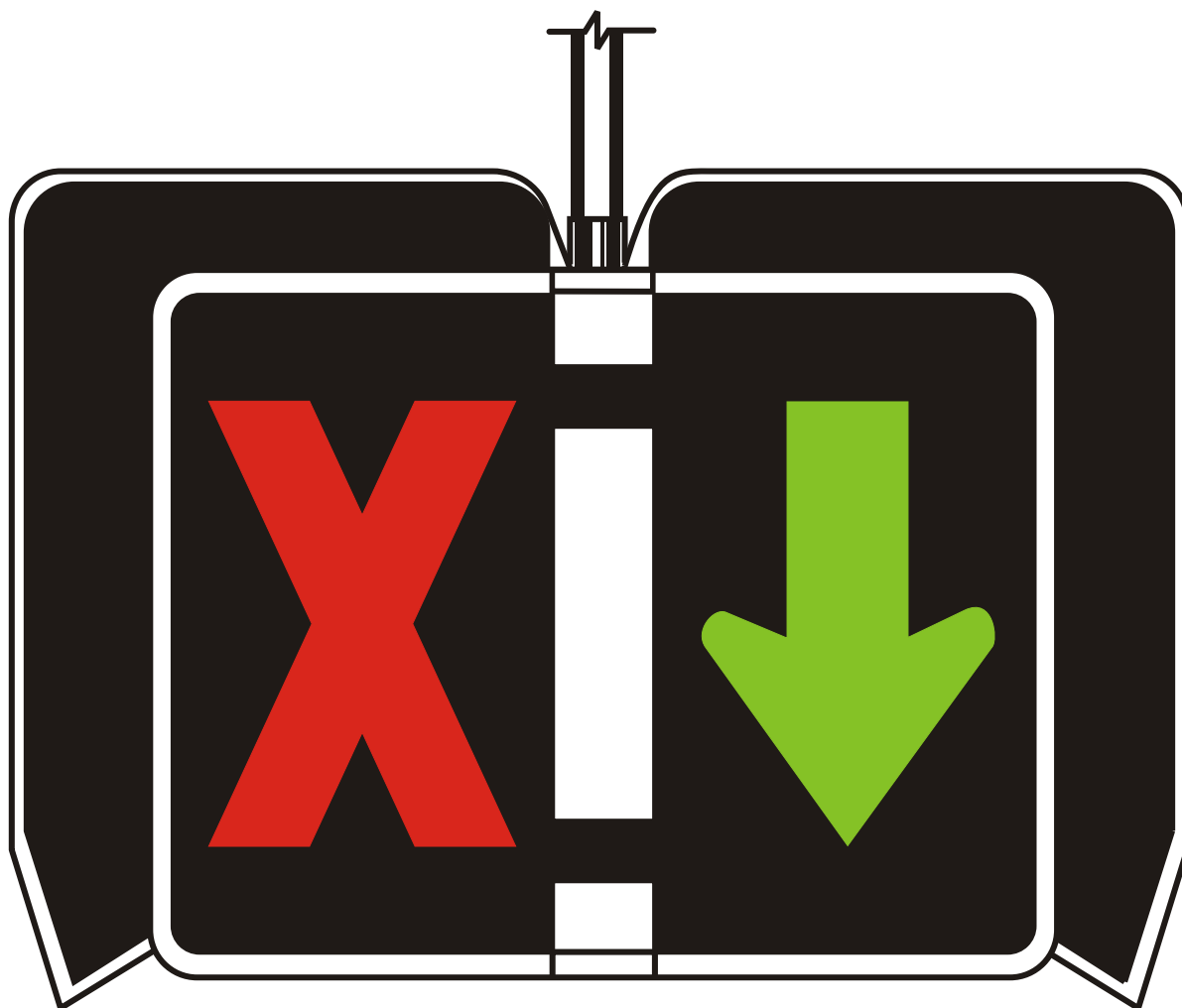
La visibilidad de los semáforos para regular el uso del carril deberá ser menor que la especificada para los semáforos convencionales de tránsito.

Los semáforos para el control de carriles reversibles, se deben sincronizar e interconectar a un control maestro que funcione de tal manera que impida que la indicación de FLECHA VERDE hacia abajo se encienda al mismo tiempo en ambas direcciones en el mismo carril.

Cuando se vaya a prevenir al usuario del cambio de uso de carril, deberá considerarse un período de longitud adecuada con la "X" AMARILLA (fija), para que los conductores que circulen por ese carril tengan



Figura 7.21 Semáforo para regular el uso de carriles





el tiempo suficiente para desalojarlo. Adicionalmente y como medida preventiva, se mantendrá la indicación de "X" ROJO en ambos sentidos durante cierto tiempo antes de que aparezca la FLECHA VERDE hacia abajo para el tránsito en dirección opuesta.

En vías con intersecciones reguladas por medio de semáforos convencionales, las indicaciones para regular la circulación por carriles deberán colocarse lo suficientemente lejanas, antes de los semáforos convencionales y después de ellos, para evitar malas interpretaciones.

El tipo de control para el funcionamiento de carriles reversibles debe permitir tanto el manejo automático como el manual.

### **7.4.3 Semáforos y barreras para indicar la aproximación de trenes**

En los cruces ferroviarios de calles y carreteras, en donde los estudios indican la necesidad de una mayor protección a la proporcionada por las señales, deben instalarse semáforos que indiquen la aproximación y el paso de trenes. Estos semáforos pueden complementarse con barreras que se extiendan a lo ancho del carril o carriles de tránsito, mientras los trenes se aproximan y ocupan los cruces.

Donde hay semáforos instalados en intersecciones cercanas a la ubicación de los semáforos de aproximación de trenes, se debe dar especial atención a la coordinación entre las dos instalaciones.

Los semáforos y barreras son aquellos dispositivos que indican a los conductores de vehículos y a los peatones, la aproximación o presencia de trenes, locomotoras o carros de ferrocarril en cruces a nivel de calles o carreteras.

Los semáforos de aproximación de trenes en los cruces ferroviarios de carreteras se clasifican en: luces intermitentes y semáforos oscilantes. Los dos tipos no deben usarse juntos en el mismo cruce.

Un semáforo de luz intermitente es una señal que indica la aproximación de los trenes mediante dos luces rojas intermitentes, colocadas horizontalmente, que se encienden y apagan en forma alternada a intervalos predeterminados.

El semáforo oscilante es una señal donde la indicación de la aproximación de trenes se hace por medio de un disco oscilante horizontalmente con una luz roja dentro del disco.

Las barreras para cruces a nivel de ferrocarril serán un tablero trapezoidal que desciende hasta la posición horizontal y que se extiende sobre la carretera o la calle en los dos sentidos, hasta una distancia suficiente que abarque la totalidad de los carriles de tránsito en el acceso al cruce, para impedir la circulación de vehículos, cuando se aproxima y pasa un tren.

Los semáforos y las barreras deben instalarse en un cruce a nivel de ferrocarril con una calle o carretera cuando un estudio de ingeniería de tránsito indique la necesidad de controlar el cruce.

#### **7.4.3.1 Características de los semáforos de luz intermitente**



Los semáforos de luz intermitente para cruces a nivel de ferrocarril con calles o carreteras se componen de dos luces rojas dispuestas horizontalmente, que se encienden y apagan en forma alternada a intervalos previamente establecidos. Consultar Norma Técnica Colombiana NTC-4741.

Las caras de los semáforos quedarán orientadas hacia el tránsito que se aproxime al cruce con la vía del ferrocarril de tal manera que brinde la máxima visibilidad al conductor.

Se podrán instalar más de una cara en el mismo poste, con el auxilio de un soporte tipo ménsula, en los siguientes casos:

Cuando al acceso principal concurren una o más vías adyacentes próximas al cruce del ferrocarril.

Donde se necesite una mayor visibilidad de los semáforos, como es el caso de vías con varios carriles de circulación.

Cuando se requiera un énfasis adicional, como en carreteras de alta velocidad y vías de alto volumen vehicular.

En lugares en donde el conductor pueda distraerse fácilmente.

Las lentes serán de forma circular con un diámetro de 30 cm y deberán estar provistos de una pantalla de color negro con un diámetro de 50 cm colocada en la parte posterior de la lente para proporcionar mayor visibilidad a la indicación; además, llevarán una visera en la parte superior.

Los semáforos se instalarán de manera que den la indicación debida a los vehículos que se aproximan por la calle o carretera y tendrán la forma y dimensiones indicados en la figura 7.22.

En algunos casos, cuando se estime conveniente hacer más efectivo el semáforo por circunstancias especiales, pueden instalarse timbres o campanas accionadas automáticamente.

Los semáforos de aproximación de trenes se ubicarán así:

a) Ubicación longitudinal: En cada acceso de la calle o carretera al cruce de la vía o de las vías férreas, se instalará un semáforo, excepto en calles con circulación de un solo sentido, en la que se colocará sólo en el lado del acceso vehicular. Los semáforos se colocarán preferentemente a la derecha del tránsito que se aproxima.

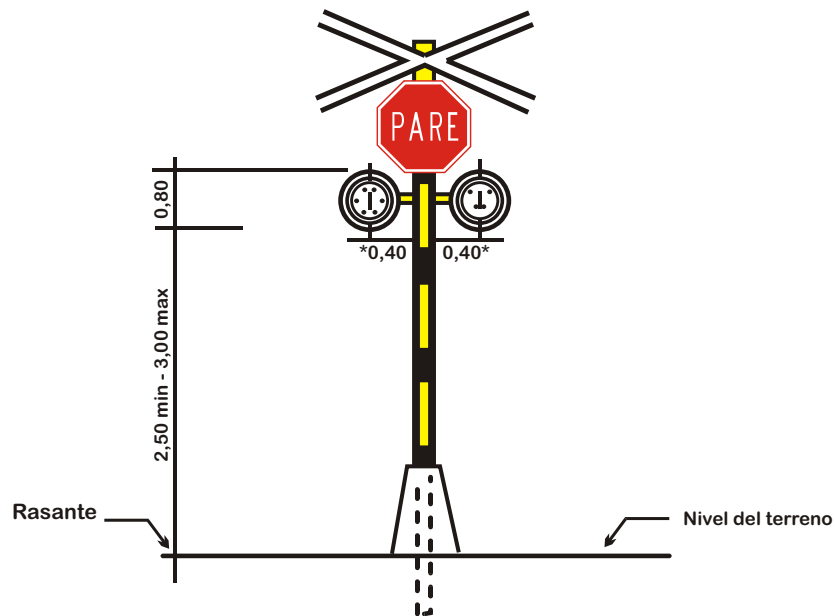
La distancia que mediará a lo largo de la calle o carretera, entre la parte más cercana del semáforo o la barrera en su posición horizontal y el riel más próximo, será de 3 metros como mínimo. Dicha longitud se medirá normal al sentido de la vía del ferrocarril (figura 7.23).

Ubicación lateral: Los semáforos se colocarán a no menos de 60 centímetros de la calle o carretera, medidos a partir de la orilla de la calzada o de la orilla exterior de la berma, cuando dicha berma se prolongue sobre los rieles.

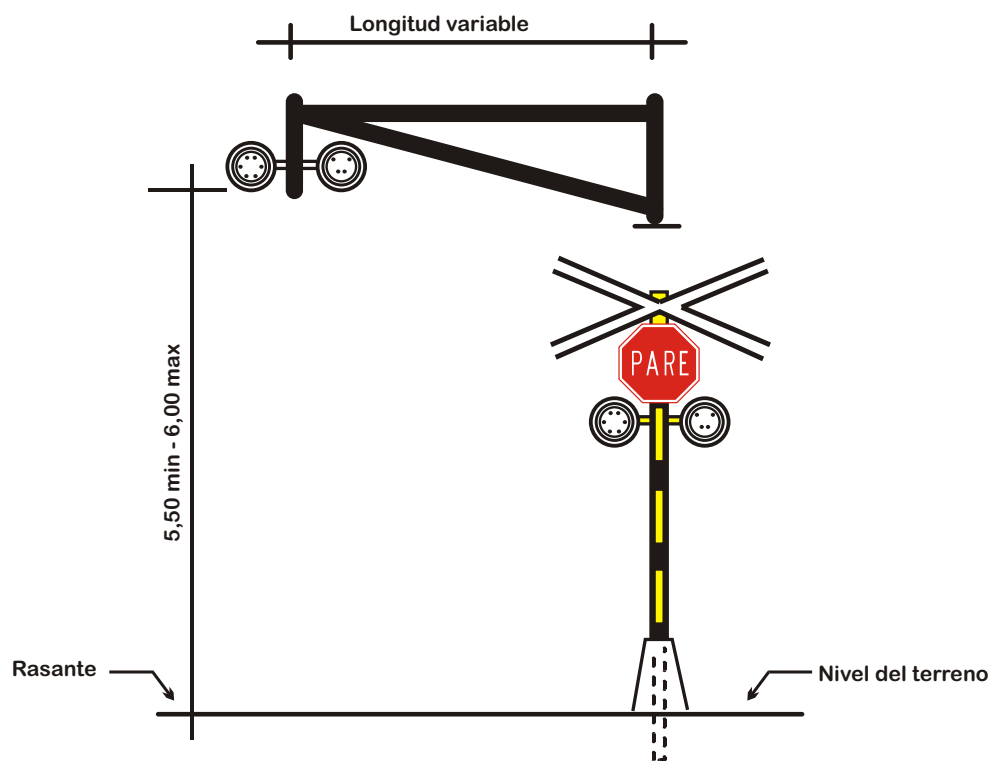
La parte inferior de las lentes de los semáforos deberá quedar a una altura no menor de 2,50 metros ni



Figura 7.22 Soportes para el montaje de semáforos de aproximación de trenes



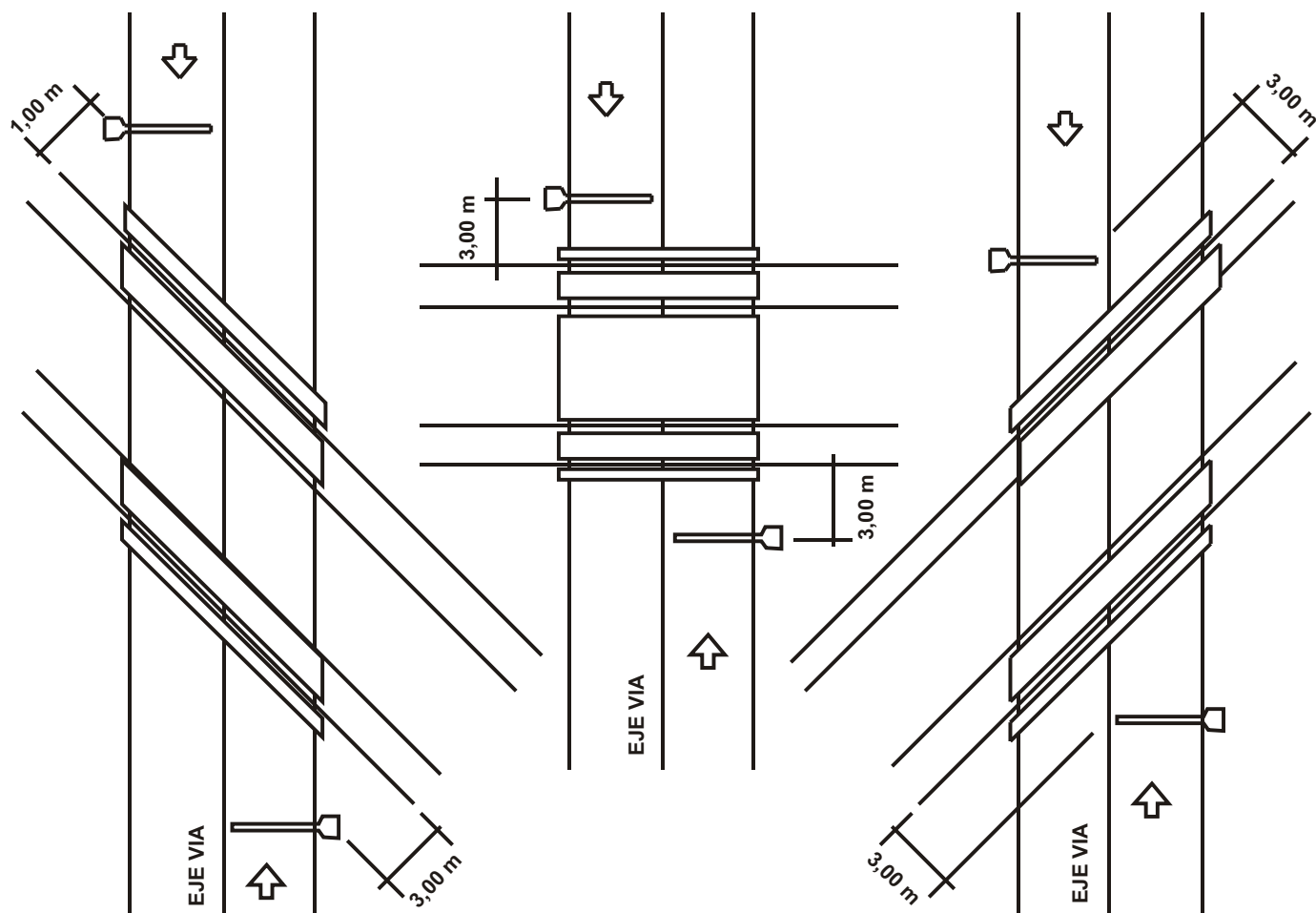
Semáforo montados en soporte tipo poste



Semáforos montados en soporte tipo ménsula

Distancias en metros

Figura 7.23 Ubicación longitudinal de los semáforos y barreras



mayor de 3 metros, medida sobre el nivel de la orilla de la calzada de la carretera o de la acera, cuando se instalen en soportes tipo poste. Si quedan suspendidas sobre la vía, la altura libre no debe ser mayor de 6 metros ni menor de 5,50 metros.

#### 7.4.3.2 Características de los semáforos oscilantes

El semáforo oscilante constará de un disco de 50 cm de diámetro dotado de un bombillo con lente roja para la indicación nocturna.

El disco estará soportado por un brazo oscilante y la longitud del recorrido de la luz oscilante del disco, medida horizontalmente entre las posiciones extremas será de 75 cm.

La señal SP-54 Paso a nivel - y el semáforo de ferrocarriles se deberán montar en el mismo poste.

#### 7.4.3.3 Características de las barreras

Las barreras deben cumplir con la Norma Técnica Colombiana NTC-4741.

Una barrera automática servirá como complemento de un semáforo de ferrocarril intermitente. Las barreras deben instalarse en el mismo soporte del semáforo; sin embargo, si las condiciones lo demandan, se puede colocar sobre postes, pedestales o estructuras independientes, ubicados entre el semáforo y la vía del tren. (Figura 7.24).

#### 7.4.3.4 Funcionamiento

Los semáforos y los dispositivos para indicar que se aproxima un tren, se controlarán de manera que empiecen a funcionar antes de la llegada del mismo al cruce, con un lapso razonable para dar la debida protección.

Cuando los semáforos para el control de tránsito de vehículos estén ubicados en intersecciones situadas cerca de los semáforos para indicar la proximidad de trenes, se debe prestar atención especial a la sincronización de los dos sistemas.

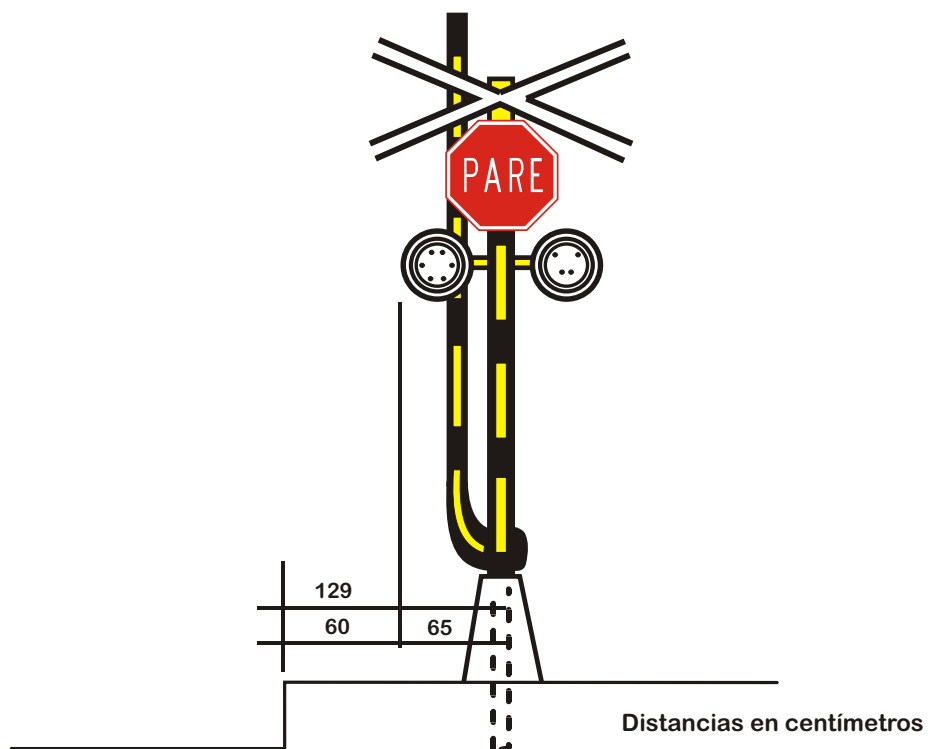
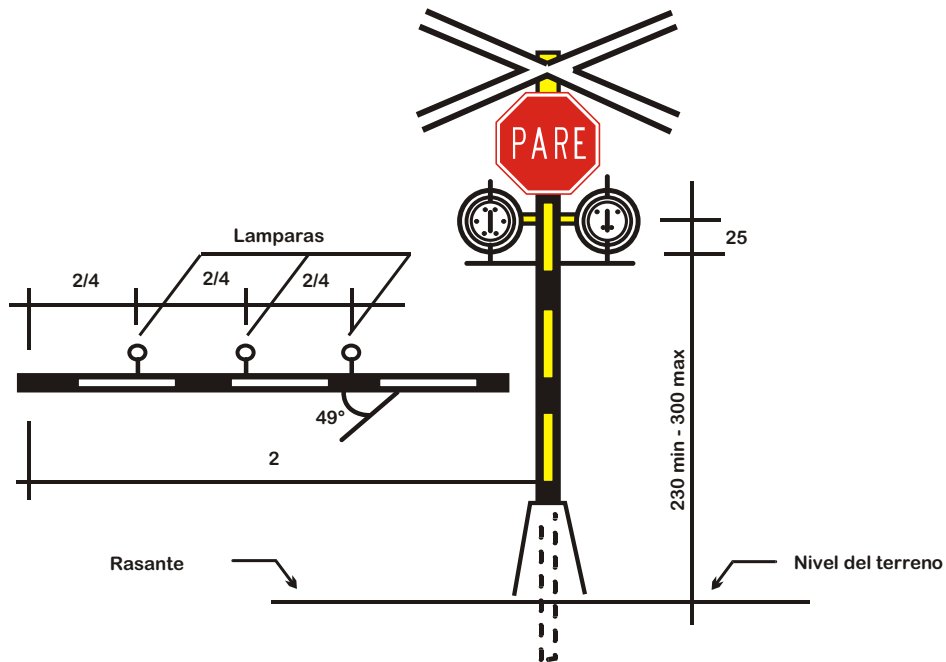
En donde exista una intersección cercana a un cruce de ferrocarril a nivel, en el que una de las vías sea sensiblemente paralela a la vía del ferrocarril, se recomienda instalar un semáforo o una señal complementaria que muestre las indicaciones de no girar a la derecha o a la izquierda, en la vía paralela, cuando el ferrocarril se encuentre en el cruce.

Los circuitos para la operación automática se dispondrán de manera que la barrera inicie su movimiento descendente 3 segundos como mínimo después de que el semáforo empiece a funcionar; la barrera quedará en posición horizontal antes de la llegada del tren más rápido y permanecerá así hasta que la parte posterior del tren haya salido del cruce.

Los mecanismos se deben proyectar de manera que si la barrera, mientras se eleva o baja, golpea algún objeto, se detenga inmediatamente y al quitar la obstrucción continúe hasta la posición exigida por el mecanismo de control.



Figura 7.24 Disposición de las barreras para indicar la aproximación de trenes



En cruces donde existan diferencias importantes entre las velocidades de los trenes, conviene instalar un control que permita ajustar los tiempos a sus velocidades de operación.

Las lámparas o bombillos se iluminarán alternativamente y el número de destellos por minuto para cada una, será de 35 a 45. Cada lámpara se iluminará durante la mitad del ciclo de operación.

## 7.5 EQUIPO DE CONTROL

### 7.5.1 Aspectos generales

La unidad de control es un conjunto de mecanismos electromecánicos o electrónicos, alojados en una caja, que ordenan los cambios de luces de los semáforos.

Generalmente el control de semáforos está dotado de 5 circuitos para que opere satisfactoriamente y tengan un alto grado de flexibilidad. Estos circuitos son:

- ◉ De secuencia de fase
- ◉ De variación de ciclos o intervalos
- ◉ De desfasamiento
- ◉ De apagado
- ◉ De destello

#### 7.5.1.1 Elementos que componen los controles para regular el tránsito de vehículos

a) No accionados por el tránsito.

Comúnmente son del tipo electromecánico y constan de tres elementos básicos, que son:

- ◉ **Dispositivos de luces:** Está formado por una serie de contactos de cobre que son accionados por un árbol de levas en el que se programa la secuencia del encendido de las luces de la intersección.
- ◉ **Dispositivos que relacionan el árbol de levas con el reloj divisor del tiempo (cuadrante):** Es un arreglo de conexiones operado por un motor que gira de acuerdo con los impulsos provenientes de los contactos del cuadrante para cambiar las indicaciones del semáforo. Cada vez que recibe un impulso, el motor opera brevemente y mueve el árbol de levas a su siguiente posición.
- ◉ **Dispositivo de sincronización:** Está integrado por el motor sincrónico del cuadrante, que es el que recibe la señal de sincronización del control maestro del sistema a través del cable de interconexión a su circuito.

B) Accionados por el tránsito.



Generalmente son de tipo electrónico, siendo de tecnología avanzada. Sus dispositivos están formados por elementos electrónicos (diodos, triodos, triacs, transistores, etc.) que forman circuitos o módulos que se denominan de acuerdo a su función. La unidad accionada por el tránsito se compone generalmente de tres módulos básicos:

- ◉ **Módulo de carga o de poder:** Es aquel donde se localiza el transformador de carga que alimenta todos los circuitos electrónicos.
- ◉ **Módulo de operación:** Reparte los tiempos de las fases de los semáforos.
- ◉ **Módulo de control:** Recibe y transmite las señales del sistema a través del cable de interconexión (computadora, control maestro y detectores)

#### 7.5.1.2 Elementos que componen los controles para regular el tránsito de peatones

Puede ser de dos tipos: electromecánicos o electrónicos. Sus características son idénticas a las descritas anteriormente.

#### 7.5.1.3 Otros elementos de los controles

- ◉ **Unidad de control de destello:** Es del tipo electromecánico especial. Consta de un motor y dos pares de contactos, donde se conectan las lámparas. El número de destellos es de 50 a 60 por minuto y con períodos aproximados de 50% encendidos y 50% apagados. Las unidades de control de destello también se fabrican de tipo electrónico.
- ◉ **Unidades de control para uso de carriles, y para cruces de ferrocarril a nivel:** Pueden ser de dos tipos: electromecánicos y electrónicos, y sus características son idénticas a las descritas anteriormente.

#### 7.5.1.4 Factores que determinan la selección del tipo de control

Los factores básicos que se deben considerar para la elección del tipo de control son: los del tránsito, los económicos y las características geométricas de la intersección.

- a) **Factores del tránsito:** Estos se refieren a los volúmenes peatonales y a los volúmenes vehiculares por acceso y por carril, a su composición modal y a la variación horaria, obtenidos bajo el procedimiento establecido en la sección 7.2.1.2
- b) **Factores económicos:** En el análisis económico para seleccionar el tipo de control, se deberá considerar el costo inicial del equipo, el costo de instalación y los gastos de operación y mantenimiento, así como los beneficios y pérdidas económicas a conductores y peatones. También se tomarán en cuenta los accidentes. Al escoger el equipo de control de semáforos, deberá preverse el funcionamiento presente y futuro.
- c) **Factores físicos de la intersección:** Estos comprenden la sección transversal de los accesos, las





pendientes longitudinales de los mismos y las canalizaciones de la intersección.

### 7.5.2 Controles para semáforos de tiempo fijo o predeterminado

Son los que regulan, a través de los semáforos, las circulaciones de vehículos y peatones de acuerdo a uno o más programas de tiempos determinados previamente.

En las intersecciones en donde los vehículos de tránsito tienen una variación constante, las ventajas del control pre-sincronizado, o no accionados por el tránsito, son las siguientes:

- ◉ Facilitan la coordinación con semáforos adyacentes, con más precisión que en el caso de controles accionados por el tránsito, especialmente cuando es necesario coordinar los semáforos de varias intersecciones o de una misma red. Esta coordinación puede permitir una circulación progresiva y cierto grado de control de velocidades, por medio de una serie de semáforos debidamente espaciados.
- ◉ No dependen de la circulación de vehículos que pasan por los detectores, por lo que la operación de los controles no se afecta desfavorablemente debido a condiciones especiales que impidan la circulación normal frente a un detector, como en el caso de vehículos detenidos o de obras de construcción dentro de la zona de influencia del detector.
- ◉ Pueden ser más aceptables que los controles accionados por el tránsito en zonas en donde exista tránsito de peatones intenso y constante y el manejo de los semáforos accionados manualmente por los mismos pudieran provocar confusión.
- ◉ En general, el costo inicial del equipo es menor que el del accionado por el tránsito y su conservación es más sencilla.

Las características de diseño de estos controles deberán permitir el ajuste periódico a las variaciones de los volúmenes de tránsito. Los parámetros básicos de control son:

- ◉ **Ciclo:** Tiempo total requerido para una secuencia completa de las indicaciones de un semáforo.
- ◉ **Fase:** Parte del ciclo correspondiente a cualquier movimiento de vehículos o combinación de movimientos simultáneos que reciben el derecho de paso durante uno o más intervalos.
- ◉ **Intervalo:** Cualquiera de las divisiones del ciclo correspondiente a las indicaciones o colores del semáforo.
- ◉ **Desfasamiento:** Número de segundos que tarda en aparecer la indicación de luz verde en un semáforo después de un instante dado, que se toma como punto de referencia de tiempo. Suele ser expresado en tanto por ciento del ciclo. Se usa para fines de coordinación y para referirse al tiempo necesario para despejar intersecciones complejas.

Cuando, de acuerdo a los estudios realizados, se ha decidido instalar un semáforo no accionado por el tránsito, se elegirá necesariamente el tipo de mecanismo que se deberá emplear.

Las elecciones posibles incluyen las siguientes:



- a) **Control no accionado por el tránsito sin mecanismos de sincronización para intersecciones aisladas:** El uso de este tipo de control se recomienda únicamente en aquellas intersecciones aisladas en donde no es posible que se presente la necesidad de sincronizarse con el de la otra intersección.
- b) **Control no accionado por el tránsito con mecanismo de sincronización para intersecciones aisladas:** Este tipo de control tiene un motor de sincronización y se deberá usar en intersecciones aisladas cuando:
- ◉ En el futuro sea probable que se necesite la coordinación del semáforo con otros o que éste vaya a ser supervisado por el control maestro.
  - ◉ Sean aceptables las duraciones fijas de ciclos y de intervalos todo el tiempo que dure la operación de control de tránsito.

En algunos casos se puede emplear un control de dos y hasta de tres carátulas, para permitir dos o tres programas de tiempo y dar flexibilidad al control para adaptarse a las variaciones de los patrones de tránsito. La elección de los programas puede efectuarse mediante el empleo de dispositivos especiales.

- c) **Control que permite coordinación para intersecciones sucesivas:** En general, los semáforos no accionados por el tránsito, dentro de un radio de 400 m, que regulan los mismos flujos de tránsito deberán funcionar coordinadamente. Esta coordinación de semáforos puede resultar conveniente a distancias aún mayores.

Hay varios tipos de controles para coordinación. Uno de ellos implica el uso de motores de sincronización sin supervisión de un control maestro. Otros sistemas implican la supervisión de los controles locales por medio de un control maestro, mediante interconexiones de cables o por radio. En los controles locales de estos sistemas pueden emplearse mecanismos con motores de sincronización o de inducción, o dispositivos electrónicos de tiempo.

La elección deberá basarse en:

- ◉ Volumen total del tránsito
- ◉ Las proporciones y variaciones del tránsito en los diversos accesos de la intersección.
- ◉ Las variaciones de los sentidos de circulación en cada calle
- ◉ La comparación de costos y beneficios probables para los usuarios

Comúnmente los sistemas sincronizados no intercomunicados (o no supervisados por un control central) no deberán emplearse para altos volúmenes de tránsito, debido a sus limitaciones en cuanto a flexibilidad y por no tenerse la seguridad de que la coordinación deseada pueda continuar indefinidamente. Sin embargo, en algunos casos podrá obtenerse la flexibilidad en algunos lugares en donde haya problemas. Los indicadores visibles de fallas de corriente, adjuntos a los controles locales, son accesorios de gran



utilidad para lograr una buena coordinación.

### 7.5.3 Controles para semáforos accionados por el tránsito

Son aquellos cuya operación varía de conformidad con las demandas del tránsito que se registran en detectores de vehículos y peatones.

Los controles accionados por el tránsito se clasifican en cuatro categorías generales, que son:

- ◉ Controles parcialmente accionados por el tránsito
- ◉ Controles totalmente accionados por el tránsito
- ◉ Controles adaptables a la densidad del tránsito
- ◉ Otros controles coordinados.

En las intersecciones donde los volúmenes de tránsito fluctúan considerablemente en forma irregular y en las que las interrupciones de circulaciones deben ser mínimas en la dirección principal, se puede obtener mayor eficacia utilizando controles accionados por el tránsito. Entre las ventajas de este tipo pueden mencionarse las siguientes:

- ◉ Pueden resultar más eficientes en las intersecciones en donde las fluctuaciones del tránsito no se pueden prever y programar en la forma requerida para los sistemas con controles no accionados.
- ◉ Pueden ser de mayor eficiencia en intersecciones en donde una o más circulaciones son esporádicas y de intensidad variable.
- ◉ Son generalmente más eficientes en intersecciones de calles principales con calles secundarias, debido a que interrumpen la circulación en la calle principal únicamente cuando se requiere dar paso a vehículos y peatones en la calle secundaria y restringen esas interrupciones al tiempo mínimo indispensable.
- ◉ Pueden dar la máxima eficiencia en las intersecciones desfavorablemente localizadas dentro de sistemas progresivos, en los cuales las interrupciones del tránsito en la calle principal son inconvenientes y se deben mantener al mínimo en frecuencia y duración.
- ◉ Proporcionan una operación continua sin demoras innecesarias en intersecciones aisladas, en donde los controles no accionados por el tránsito en ocasiones funcionan en operación de destello durante lapsos de escaso movimiento.
- ◉ Tienen aplicación especialmente en intersecciones en donde la operación de semáforos solo se necesita durante períodos cortos en el día.

Para cada categoría hay tipos diferentes de controles con distintas aplicaciones, existiendo además otras especiales para peatones y circulaciones en un solo sentido en tiempos determinados. La gran variedad de



tipos y aplicaciones de controles accionados por el tránsito hacen necesario tener un conocimiento completo de todas las condiciones del propio tránsito y de la intersección antes de seleccionar el equipo que se instale.

En algunos casos, el equipo accionado por el tránsito se ha usado con el propósito principal de controlar velocidades en intersecciones y lugares intermedios; sin embargo, no es muy efectivo para este fin.

#### 7.5.3.1 Control parcialmente accionado por el tránsito

Los controles parcialmente accionados por el tránsito son aplicables principalmente en las intersecciones de arterias de alto volumen y altas velocidades con calles secundarias de escasa circulación, razón por la que disponen de medios para ser accionados por el tránsito en uno o más accesos pero no en todas las aproximaciones de la intersección. Los detectores se ubican sólo en los accesos secundarios.

Al operar estos controles se permite que en la calle principal normalmente se tenga indicación de luz verde, la cual cambia a la calle secundaria únicamente como resultado de la acción de los vehículos y de los peatones. En algunos casos, el intervalo de luz verde en la calle secundaria es de duración fija, lo cual no es aconsejable. En sistemas más flexibles, la duración de la indicación de luz verde en la calle secundaria es proporcional a las demandas del tránsito de la misma previéndose un límite máximo de tiempo, más allá del cual no se puede mantener la indicación de luz verde en la calle secundaria, aunque haya alta demanda de tránsito. Al término de la fase requerida, la indicación de luz verde vuelve a la calle principal y se mantiene como mínimo un intervalo previamente fijado. Al terminar el intervalo mínimo, el control vuelve a quedar libre para responder a la acción del tránsito en la calle secundaria.

Los mecanismos de control parcialmente accionados por el tránsito permiten tener verde continuo mientras no existan demandas sobre la vía secundaria. El paso sobre la calle secundaria solo es permitida en momentos en donde no se vea afectada la coordinación de acuerdo a una programación previa, teniendo en cuenta que las demás intersecciones del corredor coordinado estén interconectadas a una central de control del tránsito.

#### 7.5.3.2 Control totalmente accionado por el tránsito

En los controles totalmente accionados por el tránsito, los detectores se instalan en todos los accesos de la intersección y el derecho de paso se le da a una calle como resultado de uno o más accionamientos en esa misma calle. Cuando no hay demandas del tránsito en ninguna de las calles, la indicación de luz verde normalmente permanecerá en aquella a la que se dio por último; pero, cuando una de las calles tenga más tránsito que las demás, podrá resultar de mayor eficacia revertir el derecho de paso a esa calle.

En el caso de accionamiento continuo en una misma calle, el derecho de paso se cederá al tránsito que espera en la calle transversal. Al terminar un lapso predeterminado, automáticamente regresará a la primera calle en la primera oportunidad, la cual no se puede presentar sino hasta después de terminado un período mínimo con la indicación de luz verde en la calle transversal.

La duración de la indicación de luz verde para cada calle, en condiciones normales de tránsito, fluctuará entre los valores máximo y mínimo prefijados, dependiendo de los lapsos entre los accionamientos. Con el



tipo más común de control totalmente accionado por el tránsito, el derecho de paso, de acuerdo con los accionamientos, será cedido inmediatamente a la calle transversal si el tiempo transcurrido entre accionamientos en la calle con indicación de luz verde excede cierto valor predeterminado y si el período mínimo para dicha calle ha expirado.

Por tanto, el derecho de paso cambiará de calle a calle según la frecuencia de los lapsos entre el paso de vehículos sucesivos que excedan los tiempos prefijados para cada una de las calles. Cuando se presente alto volumen de tránsito, esos lapsos serán poco frecuentes y los intervalos con luz verde se extenderán a los máximos, por lo que, bajo estas condiciones, la operación de controles accionados por el tránsito tiende a confundirse con las de los controles no accionados por el tránsito.

Los controles totalmente accionados por el tránsito, de cualquiera de sus tipos, se pueden emplear en operaciones de más de dos fases. Hay equipos de tres o cuatro fases y la operación de controles en esas intersecciones es similar en principio, a la operación de dos fases. Con este equipo se da la oportunidad de derecho de paso a varias fases de rotación, saltándose aquellas para las que no existe demanda. Con el uso de controles de tres o cuatro fases, es posible permitir circulaciones que no interfieran entre sí durante más de una de las fases; por lo tanto, un control de tres fases puede regular cuatro o cinco flujos, siempre que únicamente tres de ellas normalmente interfieran entre sí. El accionamiento por parte de los peatones se debe prever cuando sean necesarios períodos menores con indicación de luz verde, para establecer intervalos que permitan el cruce seguro de los mismos.

#### 7.5.3.3 Control adaptable a la densidad del tránsito

Los controles adaptables a la densidad del tránsito, totalmente accionados por éste, permiten que el intervalo correspondiente a los lapsos entre el paso de vehículos sucesivos que exceden los tiempos prefijados para cada una de las calles, disminuya durante cada fase, de acuerdo con ciertos factores de circulación. Por lo tanto, la posibilidad de que el intervalo de luz verde termine y se ceda el derecho de paso a la calle transversal aumenta proporcionalmente a la disminución del tránsito que circula con luz verde, al transcurso del tiempo durante el cual se tienen vehículos detenidos con la indicación de luz roja y al número de los mismos. Estos y otros factores hacen que el control totalmente accionado por el tránsito de este tipo sea más sensible a las demandas de circulación con amplias variaciones de intensidad.

Por medio de un sistema que usa un control maestro accionado por la circulación para supervisar los controles locales, se logra una combinación ventajosa de los sistemas de semáforos no accionados por el tránsito con sincronización progresiva flexible y de los semáforos accionados por el tránsito. Para ello, se instalan detectores estratégicos del sistema progresivo para suministrar al control maestro la información del tránsito en esos puntos. El control maestro selecciona el ciclo y los desfases predeterminados para lograr el mejor equilibrio de acuerdo con las intensidades de circulación que se presentan en ese tiempo. Los controles locales estarán conectados al control maestro, que los manejará en un momento dado conforme al ciclo y desfase seleccionados por el control maestro.

En el sistema de control adaptable a la densidad del tránsito, el cambio de una combinación de tiempos a otra se efectúa rápidamente y con interferencia mínima para el tránsito que circula durante el cambio. Si los controles locales son parcialmente accionados por el tránsito, la duración de la fase correspondiente a la calle secundaria, dentro del ciclo seleccionado, se determina por medio de accionamientos en detectores



instalados en la misma. Este sistema permite una gran flexibilidad para lograr la coordinación efectiva de circulaciones tanto en una vía como en una red de calles.

#### 7.5.3.4 Otros controles coordinados

Además del control adaptable a la densidad del tránsito, existen otras aplicaciones de controles accionados por el tránsito para lograr la operación coordinada de una serie de intersecciones con semáforos, como las siguientes:

- ◉ **Ciclo supervisor general:** Se puede imponer un ciclo supervisor general sobre una serie de controles parcialmente accionados por el tránsito mediante un control maestro de tiempo, que envía impulsos a cada uno de los controles o por medio de un control local o por motores de sincronización en cada intersección. El ciclo general y los desfases se determinan de la misma manera que para un control accionado por el tránsito. La función del ciclo supervisor es asegurar que los controles parcialmente accionados por el tránsito permitan, cuando menos, el intervalo mínimo de luz verde en la calle principal en la proporción de tiempo más conveniente para mantener la circulación progresiva en ella. Cada control parcialmente accionado por el tránsito incrementa el intervalo de luz verde en la calle principal todo el tiempo que no lo requiera la demanda de la calle secundaria y, por lo tanto, permite la mayor fluidez posible. Una desventaja que se puede presentar es que un intervalo de luz verde tan largo puede congestionar seriamente alguna intersección adyacente en la que las demandas del tránsito transversal sean mayores.

El tipo de operación que se acaba de describir, obviamente, no tiene las mismas características relativas a la regulación de velocidades que un sistema progresivo y, por ende, sólo se debe emplear cuando es más importante mover el mayor volumen de tránsito y con el mínimo de demora controlar las velocidades.

- ◉ **Casos especiales de sistemas progresivos de tiempo:** Una aplicación más del accionamiento del tránsito en circulaciones coordinadas se presenta en un sistema progresivo con semáforos accionados en el que la distancia entre intersecciones en uno o más lugares del sistema es tal, que la mejor disposición de los tiempos progresivos implica una reducción en la eficiencia de la sincronización, las intersecciones complicadas en un sistema progresivo, también pueden ocasionar dificultades para fijar los tiempos. En dichos casos, es posible lograr mejores resultados con controles accionados por el tránsito.
- ◉ **Coordinación mutua:** La coordinación mutua se realiza a través de dos controles parcialmente accionados por el tránsito, aislados, ubicados en intersecciones adyacentes o próximas entre sí, de tal manera que se reduzcan al mínimo las paradas del tránsito en la arteria principal. Esto se logra interconectando los controles de manera que haya un desfase fijo entre accionamientos en las calles transversales.

#### 7.5.4 Controles de semáforos para pasos peatonales





#### 7.5.4.1 Controles en zonas de alto volumen peatonal

El control de las indicaciones de los semáforos para peatones se puede efectuar con el mecanismo de tiempo que normalmente se emplea en los semáforos de vehículos, en cuyo caso la fase o indicación para peatones se dará en un punto predeterminado durante cada ciclo, o bien, el control podrá ser accionado por los peatones a través de botones o teclas para introducir la fase o indicación, de acuerdo a las necesidades de los mismos.

Por regla general, debe evitarse la instalación de semáforos para peatones en puntos fuera de las intersecciones. Sin embargo, cuando los semáforos se hacen necesarios debido a condiciones especiales, el tipo de control que se deberá emplear es el accionado por los peatones, coordinado con los semáforos adyacentes.

#### 7.5.4.2 Controles en zonas escolares

El tipo de control es similar al utilizado en los semáforos intermitentes, cuya descripción se indica en la sección 7.5.5.

### 7.5.5 Controles para semáforos intermitentes o de destello

Deberá usarse un dispositivo de encendido intermitente, generalmente instalado en un gabinete separado, retirado del semáforo, sólo para suministrar iluminación intermitente o de destello a la lente o lentes del semáforo. Las partes que componen el control son:

- ◉ **Unidad de destello:** Generalmente es electrónica de estado sólido, con capacidad de carga máxima de 10 amperios en sus circuitos de salida, con un voltaje de alimentación de 115 voltios
- ◉ **Tablero:** Sirve de enlace entre la unidad de destello y las luces de los semáforos. Consta de un interruptor de apagado y encendido, un portafusible para proteger la unidad de destello y una tira de terminales para conectar la alimentación y los conductores que van a las luces de los semáforos
- ◉ **Aditamento especial:** Interruptor de llave externo, montado en la puerta del gabinete para poder encender o apagar el control sin tener que abrir el gabinete

### 7.5.6 Controles de semáforos para regular el uso de carriles

Los controles podrán funcionar en forma automática y manual.

El mecanismo deberá permitir que se ilumine la luz roja en ambos sentidos en los carriles en donde la circulación se puede invertir. La posibilidad de una indicación errónea con luz verde en ambas direcciones en el mismo carril deberá evitarse mediante un dispositivo que permita la luz verde en un sentido, únicamente cuando el otro esté en rojo.

Por la importancia que tiene el encendido de las lámparas en la seguridad, es necesario que en cada lente



existan dos fuentes luminosas (lámparas), para que, en el caso de que se funda una, la otra entre en operación automáticamente, para lo cual deberá adicionarse un dispositivo especial.

### **7.5.7 Controles de semáforos y barreras para indicar la aproximación de trenes**

Este tipo de controles generalmente actúan automáticamente, pero también pueden ser accionados manualmente cuando los semáforos se encuentran cercanos a la estación del ferrocarril.

Las características de operación y funcionamiento de estos controles serán similares a los controles para semáforos intermitentes o de destello. Las partes que los componen son: la unidad de destello y el tablero. A diferencia de los controles para semáforos intermitentes, estos controles funcionarán cuando sean activados por el ferrocarril a través de los detectores instalados en la vía, suspendiendo su funcionamiento cuando la parte posterior del tren haya salido del cruce.

En los cruces de la vía del ferrocarril con la carretera en zona rural, los controles generalmente tienen su fuente de energía de baterías especiales que deberán reemplazarse con la frecuencia que lo requieran, evitando con ello el riesgo de que el semáforo esté fuera de funcionamiento en el instante en que se aproxime el tren.

En zona urbana, la energía para activar el control podrá ser tomada de las instalaciones eléctricas existentes en el lugar, pero deberá colocarse un transformador debido al bajo voltaje con que operan los dispositivos del control.

Si el cruce de la vía del ferrocarril con la calle se encuentra adyacente a una intersección regulada por semáforos, los controles de ambos sistemas deberán estar sincronizados de tal forma que, cuando se aproxime el ferrocarril al cruce las indicaciones en la intersección, eviten el acceso de los vehículos a la calle que cruza la vía del ferrocarril, con el fin de no ocasionar congestión.

Cuando se instalen barreras, éstas deberán tener un mecanismo conectado al control para que, en el momento en que comience a funcionar al semáforo, se accione dicho mecanismo y la barrera inicie su movimiento descendente hasta llegar a su posición horizontal. En el instante en que la parte posterior del tren haya salido del cruce, la barrera se accionará nuevamente para que regrese a la posición vertical.

## **7.6 DETECTORES**

### **7.6.1 Aspectos generales**

Un detector es cualquier dispositivo capaz de registrar y transmitir los cambios que se producen o los valores que se alcanzan en una determinada característica del tránsito.

Los detectores normalmente forman parte integral de los semáforos accionados por el tránsito, que difieren de los no accionados en que estos últimos no necesitan unidades detectoras. Sin embargo, existen también detectores que tienen una aplicación especial, como los utilizados para peatones, vehículos de emergencia y ferrocarril.

Los detectores de uso común para semáforos accionados por el tránsito son de presión, magnéticos y de





radar, existiendo otros tipos que se han usado en grado limitado, como ópticos, acústicos, de rayos infrarrojos, ultrasónicos y neumáticos. Cada uno de estos tipos tiene sus ventajas y desventajas y la elección se debe hacer sólo después de haber tomado en consideración todas las condiciones geométricas y del tránsito de la intersección

Los detectores especiales para peatones, para vehículos de emergencia y para indicar la aproximación de trenes tiene cada uno de ellos características particulares.

## 7.6.2 Detectores para el control del tránsito de vehículos

### 7.6.2.1 Detectores de presión

El detector de presión se instala en la calle o carretera y funciona mediante la presión ejercida por las ruedas del vehículo. Se puede comparar a un interruptor eléctrico, cuyo circuito se cierra por presión de la rueda. Pueden ser accionados por vehículos que viajan con velocidades hasta de 100 kilómetros por hora, pero resultan inoperantes si el vehículo se detiene sobre el detector.

### 7.6.2.2 Detectores magnéticos

Los detectores magnéticos son accionados por la alteración de un campo magnético causado por el paso de un vehículo y son de dos tipos: no compensados y compensados. Sólo registran vehículos en movimiento y, en consecuencia, se vuelven inoperantes o de operación continua cuando hay vehículos estacionados o algunos objetos fijos de metal dentro de su zona de influencia. Los dos tipos requieren de unidades auxiliares para amplificar los muy bajos voltajes que se generan en sus bobinas por el paso de los vehículos.

- ◉ **Detectores no compensados:** Tienen una zona de influencia ajustable hasta 3 m más allá de cada extremo del detector. Al aumentar esa distancia, la sensibilidad respecto de los vehículos que se mueven despacio disminuye de tal manera, que a la distancia máxima de 3 m sólo son registrados los vehículos que viajan a más de 20 kilómetros por hora. Los detectores no compensados son inapropiados en sitios en donde se necesita una delimitación precisa o que estén sujetos a influencias externas electromagnéticas, como las que causan tranvías, trolebuses y líneas de energía eléctrica.
- ◉ **Detectores compensados:** Los detectores de este tipo tienen dos circuitos magnéticos y están diseñados de manera que su funcionamiento no resulte afectado por influencias extrañas electromagnéticas. Están contruidos para instalarse a nivel de la superficie de rodadura y se caracterizan por estar bien definida su zona de influencia, la que generalmente se extiende únicamente 15 cm mas allá de cada extremo del detector. Los buenos detectores de este tipo alcanzan un alto grado de sensibilidad para registrar los sentidos de circulación y, por lo tanto, podrán usarse eficazmente en calles angostas.

### 7.6.2.3 Detectores de radar



El detector de radar está diseñado para ser instalado sobre la calle o carretera y es accionado por el paso de un vehículo a través del campo de energía de microondas que emite. Tiene capacidad limitada para registrar los sentidos de circulación y responde sólo a vehículos que se mueven a más de 3 kilómetros por hora. No lo afectan los vehículos estacionados ni las influencias electromagnéticas comunes. Cada detector incluye su unidad amplificadora. Tiene una zona ajustable de influencia transversal, que varía desde 2,75 metros hasta 10,50 metros, a la altura normal de instalación.

#### 7.6.2.4 Ubicación de detectores de vehículos para controles diferentes a los adaptables a la densidad del tránsito

a) **Ubicación longitudinal:** La ubicación de los detectores de vehículos respecto de la línea de parada se deberá determinar después de efectuar un estudio tomando en consideración todos los factores que intervienen, inclusive tipo y características de funcionamiento del control, velocidades de acceso de vehículos, pendientes y anchura de la calle o carretera, visibilidad, entradas de vehículos y carriles exclusivos para giros. Para equipo de control parcial y totalmente accionado por el tránsito, se podrá usar la tabla 7.4. como guía.

Si la intersección tiene un acceso canalizado y carriles especiales para giros, algunos de los espaciamientos de los detectores a veces tendrán que ser relativamente cortos, debido a las limitaciones impuestas por la longitud de los carriles para los giros, por las velocidades menores en ellos y por la necesidad de evitar accionamientos falsos.

Tabla 7. 4 Ubicación de detectores para equipo de control parcial y totalmente accionado por el tránsito

Velocidad que comprende el 85% del tránsito en el acceso (km/h)	Distancia línea de parada*	Período inicial mínimo aproximado s	Extensión de tiempo mínimo aproximado ** s
Menor de 30	34	11	4
30 a 49	43	15	4
50 a 65	52	18	4
Mayor de 65	64 o mayor	23	4

\* Distancias para acceso de uno o de dos carriles a nivel para anchos mayores y con visibilidad no restringida, las distancias se pueden aumentar de 10 al 15%.

\*\* La suma del periodo inicial más una extensión de tiempo es el periodo mínimo con indicación de luz verde.

Las dos últimas columnas de la tabla indican el tiempo mínimo a que se debe fijar el disco de control para



diversas distancias entre el detector y la línea de pare. Estos períodos mínimos sirven para que los vehículos que accionan el detector reciban la indicación de luz verde en el acceso correspondiente. Un espaciamiento corto entre el detector y la línea de parada permitirá usar valores menores con reacciones más rápidas del control. Un espaciamiento mayor, por otra parte, le permitirá al control reaccionar con respecto a un vehículo más distante y a veces evitar una parada innecesaria mediante un período adicional de luz verde o una extensión del período normal, antes de que el vehículo llegue a la línea de pare.

Si existen entradas de vehículos a predios comerciales cerca de un detector, a veces resulta conveniente apartarse un poco de las distancias dadas por la tabla. Sin embargo, si la entrada está relativamente cerca de la línea de pare conviene instalar un detector especial por el que tengan que pasar los vehículos que salen del predio. Este deberá ser un detector de advertencia que funcione únicamente cuando hay luz roja. Este arreglo permitirá al control funcionar normalmente con el detector de advertencia y a la vez asegurar que el tránsito de la salida comercial pueda pedir el derecho de paso cuando no haya otra circulación de vehículos.

- b) **Ubicación transversal:** Los detectores de presión y los magnéticos compensados se deberán colocar transversalmente en la calle o carretera, de manera que una o más ruedas de todos los vehículos que se aproximan a la intersección pasen sobre ellos. Los primeros se colocarán a nivel de la superficie de rodadura, mientras que los segundos se instalarán en ductos bajo la superficie de rodadura a una profundidad que variará entre 15 y 30 cm.

El detector de presión más cercano al eje de la vía se deberá localizar con un extremo aproximadamente a 90 cm del eje. En accesos con varios carriles o en vías de un solo sentido, por lo general, será necesario colocar un detector en cada carril con una distancia libre entre detectores, no mayor de 1,20 m. Debe hacerse notar que los controles adaptables a la densidad del tránsito, en algunos casos podrán funcionar eficazmente por medio de detectores instalados únicamente en el carril que se seleccione de cada acceso.

La ubicación de un detector magnético compensado será aproximadamente la misma que la del detector a presión; pero se deberá tomar en cuenta que la sensibilidad del primero se extiende alrededor de 15 cm por fuera de cada extremo.

El detector magnético no compensado, cuando se ajusta para su mayor alcance, no tiene un punto bien definido hasta el cual se extiende su sensibilidad, y no debe usarse a menos que se necesite un alcance muy amplio. La ubicación recomendable es de 15 a 30 cm bajo la superficie de rodadura, en la línea por la que normalmente viajan las ruedas derechas del vehículo. Este tipo de detector es inapropiado para registrar vehículos en un solo carril.

El detector de radar se podrá instalar a la altura máxima permitida entre la calzada y un obstáculo superior, generalmente de 5 m, hasta un máximo de 5,50 m. Mientras más precisión se requiera, menor deberá ser la altura.

#### 7.6.2.5 Ubicación de detectores de vehículos para controles adaptables a los volúmenes del tránsito



En los controles de volúmenes de tránsito será indispensable dejar distancias relativamente grandes entre el detector y la línea de pare, puesto que gran parte de su eficacia depende de su capacidad para recibir la información del tránsito que se aproxima con la mayor anticipación posible. Para las condiciones normales, las distancias que aparecen en la tabla 7.5 han resultado satisfactorias. Si se necesita una mayor separación de grupos de vehículos, los espaciamientos podrán aumentarse en un 20%.

Tabla 7. 5 Ubicación de detectores para controles de densidad de tránsito

Velocidad que comprende el 85% del tránsito en el acceso (km/h)	Distancia a la línea de parada (m)
32 a 48	73
49 a 64	82
65 a 80	96
Mayor de 80	114 o mayor

### 7.6.3 Detectores de peatones (Botones de demanda peatonal)

Además de los detectores para registrar la demanda de vehículos que se aproximan a una intersección, es necesario en muchos casos, disponer de un medio para registrar la demanda del tránsito de los peatones. Para este propósito se usarán botones o teclas para ser accionados por los peatones.

Los detectores de peatones se deben instalar sobre postes, localizados cerca de cada extremo del cruce, a una altura sobre la acera de 1,00 a 1,20 m acompañados de señales permanentes explicando su propósito y uso, que se colocarán por encima de los detectores o junto a ellos. Cuando dos cruces de peatones orientados en diferentes sentidos terminan cerca del mismo lugar, la ubicación de las teclas o botones indicará con claridad a cuál de los cruces corresponde. Las teclas para usos especiales, que deban ser manejadas exclusivamente por personas autorizadas, se encerrarán bajo llave para impedir que sean accionados por el público, no necesitándose en este caso las señales complementarias.

### 7.6.4 Detectores para indicar la aproximación de trenes

Generalmente son del tipo magnético, accionados por el ferrocarril. Su diseño dependerá de las condiciones físicas de cada lugar así como de las correspondientes de operación, debiendo preverse que su instalación se realice de tal forma que inicie el funcionamiento de los semáforos antes de la llegada del ferrocarril al cruce.

En donde existan diferencias importantes entre las velocidades de los trenes, el detector se ubicará de manera que permita ajustar los tiempos a sus velocidades de operación.

