

# CAPÍTULO 4

## SEMÁFOROS

### 4.1. GENERALIDADES

#### 4.1.1. DEFINICIÓN

Los semáforos son dispositivos de señalización mediante los cuales se controla 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, y siendo operados por una unidad de control.

#### 4.1.2. FUNCIÓN

El semáforo es un dispositivo que se utiliza para el control y la seguridad, tanto de vehículos como de peatones. Debido a la asignación bien sea prefijada o accionada por el tránsito del derecho de vía para los diferentes movimientos en intersecciones y en 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 el uso de este dispositivo de control vengán precedidos de un estudio detallado del sitio y de las condiciones del tránsito.

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

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

#### 4.1.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SEMÁFOROS

Un semáforo ofrece las siguientes ventajas:

- *Proporciona ordenamiento de los movimientos de tránsito:* el semáforo asigna el derecho de paso, por lo tanto el tránsito se puede mover en forma efectiva y segura en las intersecciones.
- *Reduce algunos tipos de accidentes:* el semáforo puede ocasionar una reducción de cierto tipo de accidentes, en particular de las colisiones laterales que, por lo general, son bastante severas.
- *Ofrece paso a volúmenes menores de la vía secundaria:* el semáforo permite al tránsito de la vía secundaria incorporarse o cruzar la vía principal.
- *Produce ahorros de costos:* el semáforo es más económico que el control por medio de vigilantes de tránsito en forma permanente.
- *Agrupar el tránsito en pelotones:* la agrupación del tránsito en pelotones permite cierta facilidad

de acceso y cruce en las intersecciones y en los cruces peatonales cercanos, los cuales podrían no estar semaforizados. También esto facilita el movimiento continuo del tránsito a una determinada velocidad por una ruta específica.

A pesar de las ventajas anteriores, un semáforo tiene varias desventajas:

- *Tiende a incrementar la demora:* Si se instala un equipo inadecuado o inefectivo, los semáforos pueden crear una demora excesiva, lo que ocasiona molestias e impaciencia en los conductores.
- *Puede aumentar la frecuencia de accidentes:* aunque el semáforo puede reducir los accidentes laterales, las colisiones por detrás generalmente aumentan y la tasa total de accidentes puede ser mayor.
- *Produce irrespeto y molestias:* si los semáforos son innecesarios o están mal diseñados los conductores tienden a desobedecerlos, perdiendo respeto hacia el dispositivo. Esto hace que sea necesario instalar un semáforo cuando el mismo se justifique.
- *Puede desviar al tránsito:* si los semáforos no se programan eficientemente, los conductores pueden seleccionar otras rutas menos deseables. El desvío del tránsito conduce a un desperdicio de tiempo y combustible, pudiendo crear problemas adicionales si el tránsito desviado utiliza calles locales residenciales.
- *Es susceptible a fallas:* los semáforos son dispositivos bastante confiables pero pueden estar sujetos a fallas o problemas de suministro de energía, por lo que deben recibir un mantenimiento adecuado de parte de la autoridad responsable de su operación.

#### 4.1.4. CLASIFICACIÓN

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

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

1. Semáforos de tiempos fijos o predeterminados
2. Semáforos accionados o activados por el tránsito:
  - Parcialmente accionados.
  - Totalmente accionados

b) Semáforos para pasos peatonales:

1. Parcialmente accionados.
2. Totalmente accionados

c) Semáforos especiales:

1. Semáforos de destello o intermitentes
2. Semáforos para regular el uso de canales
3. Semáforos para maniobras de vehículos de emergencia

#### 4. Semáforos y barreras para indicar la aproximación de trenes (Ver Capítulo 9)

##### 4.1.5. ELEMENTOS QUE COMPONEN UN SEMÁFORO

El semáforo consta de una serie de elementos físicos, como son la cabeza, los soportes, las caras, los lentes, las viseras y las placas de contraste como se muestra en la Figura 4.1. Sus definiciones y características se presentan a continuación.

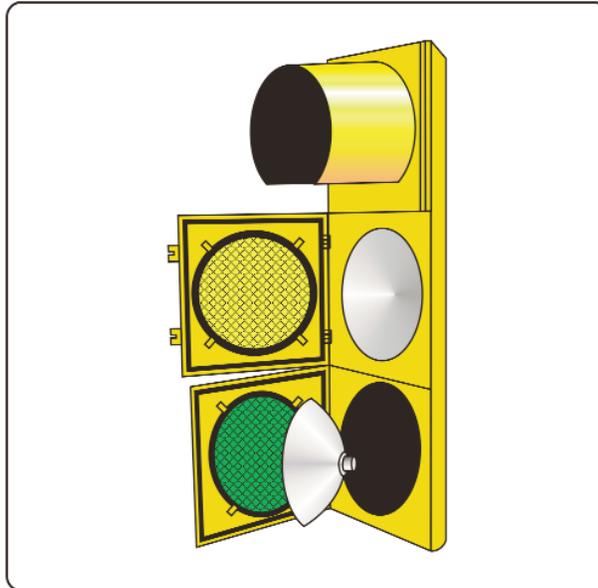


Figura 4.1. Componentes de un semáforo

##### 4.1.5.1. Cabeza

Es la armadura que contiene las partes visibles del semáforo.

##### 4.1.5.2. 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 donde el conductor y el peatón tengan la mejor visibilidad y puedan observar sus indicaciones.

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

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

a) Ubicación a un lado de la vía:

1. Postes
2. Ménsulas cortas

b) Ubicación en la vía:

1. Ménsulas largas sujetas a postes laterales
2. Suspensión por cables
3. Postes y pedestales en islas

#### **4.1.5.3. Cara**

Es el conjunto de unidades ópticas tales como, lente, reflector, lámpara, bombillo o diodo emisor de luz (LED) y portalámpara, que están orientadas en la misma dirección. En cada cara del semáforo existirán usualmente tres secciones para regular uno o más movimientos de la circulación, con un máximo de cinco secciones por cara.

#### **4.1.5.4. Lente**

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

#### **4.1.5.5. 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 las señales emitidas por el semáforo sean vistas desde otros lugares distintos hacia el cual está enfocado.

#### **4.1.5.6. Placa de contraste**

Es un elemento utilizado para incrementar la visibilidad del semáforo y evitar que otras fuentes lumínicas o el entorno confundan al conductor.

#### **4.1.5.7. Controlador de semáforos**

Es un mecanismo electromecánico o electrónico que sirve para ordenar los cambios de luces en los semáforos.

Adicionalmente, este dispositivo puede realizar las siguientes funciones: procesar la información generada por 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; proveer los elementos que garanticen la seguridad de los usuarios evitando señalizaciones conflictivas y reportar al centro de control el tipo de falla que puedan presentar.

Los controladores de semáforos a instalarse deben cumplir las especificaciones de la Norma COVENIN 2753 (R) o sus actualizaciones

#### **4.1.5.8. Detectores**

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

#### 4.1.6. 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 son debidos únicamente a sus indicaciones precisas y exactas. Los 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.

##### 4.1.6.1. Registros de mantenimiento

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

El mantenimiento de los semáforos debe hacerse de acuerdo a las recomendaciones indicadas por los fabricantes.

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

- a) Su análisis ayudará a determinar si el programa de trabajo de mantenimiento que se está siguiendo es satisfactorio.
- b) El análisis de los costos sirve para determinar los equipos más convenientes de adquirir en el futuro y para mejorar los procedimientos de mantenimiento.
- c) 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, ajustes en los tiempos, reparaciones generales, reposiciones de lámparas o sección de LED, pintura y trabajos diversos a cada uno de los semáforos y controladores.

##### 4.1.6.2. Pintura

Las caras de los semáforos serán preferiblemente de color amarillo tráfico pudiendo ser también de color verde oscuro o negro. Las partes internas de las viseras que se usan alrededor de las lentes y las placas de contraste serán preferiblemente de color negro mate para reducir la reflexión de la luz hacia los lados del semáforo y mejorar la visibilidad del mismo.

Los postes y ménsulas serán preferiblemente de color amarillo tráfico pudiendo ser también de color verde oscuro o gris y deben repintarse cada dos años como mínimo, o con mayor frecuencia si es necesario para evitar corrosión y mantener la buena apariencia de los mismos.

Se debe mantener la uniformidad del color tanto de la cara como postes y ménsulas dentro de una misma jurisdicción.

##### 4.1.6.3. Previsión de instalaciones

Al instalarse semáforos en una intersección, si se prevén modificaciones, aplicaciones 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.

#### 4.1.6.4. Programación de semáforos

La finalidad de un sistema de semáforos sólo se cumple si es operado de una manera consistente y se apega a las necesidades y requerimiento del tránsito. Los ciclos excesivamente largos y la división impropia de los mismos ocasionan irrespeto y desobediencia a las indicaciones de los semáforos. Los semáforos no deben operarse manualmente, ya que este tipo de funcionamiento es menos eficaz que el control automático, el cual tiene tiempos adecuados y previamente fijados, especialmente en sistemas coordinados

Los planes de tiempo deberán ser definidos por un profesional del área de tránsito y puesto en marcha por la autoridad competente.

Cualquier plan de tiempo que se programe se confrontará con la información de conteos de tránsito y se revisará periódicamente, para tener la seguridad de que los cambios de intensidad de volumen 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 las indicaciones de una intersección son:

- a) Número de canales de tránsito y demás condiciones físicas y geométricas.
- b) Variaciones del flujo del tránsito para cada movimiento direccional.
- c) Necesidades de los vehículos de carga y de transporte público.
- d) Lapso en segundos entre el paso de dos vehículos consecutivos que salen de la intersección.
- e) Necesidades de los peatones.
- f) Necesidad de desalojar de la intersección a los vehículos y los peatones al cambiar las indicaciones.

Cuando se instalen varios semáforos en intersecciones de una misma vía o sector, éstos deberán operarse en forma coordinada.

Una de las mayores dificultades en la coordinación de semáforos proviene de la necesidad de dar cabida a dos o tres patrones de volúmenes radicalmente diferentes a varias horas durante el período de operación. Esta situación es más complicada cuando se coordinan los semáforos en vías de doble sentido.

#### Recomendaciones para la programación de semáforos

Para obtener una mayor eficacia de las instalaciones de semáforos, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- a) No emplear intervalos muy breves entre indicaciones.
- b) Proporcionar la capacidad adecuada a la vía o calle y evitar la interferencia con maniobras de estacionamiento, carga y descarga.
- c) Tomar en consideración las distintas corrientes de tránsito compuestas por vehículos con velocidades variables tales como, tranvías, autobuses, camiones, automóviles de pasajeros y bicicletas.
- d) Simplificar los movimientos en ciertos tipos de intersecciones complicadas que demandan tres o más fases por ciclo.

Si la diferencia entre las velocidades proyectadas de un sistema de semáforos y las velocidades máximas permitidas es mayor a 20 km/h, se deben instalar señales informativas para advertir a los conductores de esta situación. Las señales se colocarán lo más cerca posible de los semáforos y a intervalos necesarios para cumplir su objetivo.

## **4.2. SEMÁFOROS PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO DE VEHÍCULOS**

### **4.2.1. CLASIFICACIÓN**

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

- a) Semáforos de tiempos fijos o predeterminados.
- b) Semáforos accionados o activados por el tránsito.
  - 1. Parcialmente accionados.
  - 2. Totalmente accionados.

### **4.2.2 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 los mismos.

Los principales datos a recopilar son los siguientes:

- a) Número de vehículos que entran a la intersección por hora y por cada vía de acceso durante 16 horas en un día representativo. Las 16 horas seleccionadas deben contener el mayor porcentaje del tránsito diario.
- b) El volumen de vehículos para cada movimiento vehicular desde cada vía de acceso clasificado por tipo de vehículo (autos, vehículos de transporte público y camiones) durante cada período de 15 minutos de las dos horas de máxima demanda, para los períodos de la mañana, mediodía y de la tarde.
- c) Volumen peatonal para cada cruce peatonal durante los mismos períodos de los conteos de vehículos del punto B y de máxima intensidad de circulación de peatones.
- d) Donde los niños, las personas de la tercera edad o las personas con discapacidad requieran consideración especial, los peatones y sus tiempos de cruce pueden clasificarse mediante una observación general.
- e) Información acerca de instalaciones o lugares que atienden a niños o a personas de la tercera edad o solicitudes de mejoras por parte de ellas ya que estas personas pueden no verse reflejadas en los conteos de peatones al sentirse restringidas en su movilidad.
- f) El límite de velocidad establecido o la velocidad del percentil 85 de todos los vehículos en los accesos a la intersección no controlados.
- g) Un plano que contenga la siguiente información:
  - 1. Detalles del diseño físico, incluyendo características, tales como geometría de la intersección, canalización, pendientes y restricciones de distancia de visibilidad.

2. Superficies de rodamiento, entradas y salidas de vehículos, pasos a nivel de ferrocarril (cercanos), distancia hasta los semáforos más cercanos, postes, hidrantes y diferentes elementos del equipamiento urbano.

3. Señalización vertical, demarcaciones del pavimento, iluminación de la calle, sentidos de circulación, condiciones de estacionamiento, paradas y rutas de autobuses.

4. Uso del suelo adyacente.

h) 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.

Se pueden obtener datos adicionales en los mismos períodos del punto b), para conocer con mayor precisión el funcionamiento de la intersección, estos datos pueden ser:

- Demoras en vehículos-horas determinadas separadamente para cada acceso.
- Número y distribución de brechas o espaciamientos entre grupos de vehículos en la calle principal que permitan al tránsito de la calle secundaria o a los peatones cruzar la intersección en condiciones de seguridad.
- El límite de velocidad establecido o la velocidad del percentil 85 de todos los vehículos en los accesos a la intersección controlados en un punto que no se vea afectado por el control del tránsito.
- Demoras para los peatones en al menos dos períodos de 30 minutos durante picos de demora de los peatones en un día laboral representativo o en períodos similares de un sábado o domingo.

#### 4.2.3. REQUISITOS PARA JUSTIFICAR LA INSTALACIÓN DE SEMÁFOROS

Los datos obtenidos en los estudios de tránsito se comparan con los requisitos establecidos para justificar la instalación de un semáforo. Para justificar la instalación de un semáforo, una intersección con una isla o separador amplio se considerará como una sola intersección.

Cuando se establece la necesidad de instalar un semáforo, se supone que el semáforo y los dispositivos de tránsito relacionados se colocarán de acuerdo a los estándares establecidos para su diseño e instalación. También se supone que los tiempos del semáforo estarán bien calculados, que las vías están bien diseñadas, que las intersecciones con semáforo próximas están adecuadamente coordinadas, que existirá una adecuada supervisión y mantenimiento del semáforo y que los dispositivos de control se seleccionarán con base en un estudio de ingeniería de tránsito.

La investigación de la necesidad del control por semáforos en una intersección debe incluir, cuando sea aplicable, al menos un análisis de los factores en los ocho requisitos siguientes:

- Requisito 1 - Volumen vehicular (8 horas)
- Requisito 2 - Volumen vehicular (4 horas)
- Requisito 3 - Hora pico
- Requisito 4 - Volumen peatonal
- Requisito 5 - Cruce en escuelas
- Requisito 6 - Movimiento Progresivo

- Requisito 7 - Accidentes
- Requisito 8 - Sistema Vial

#### 4.2.3.1. Requisito 1 - Volumen vehicular (8 horas)

El requisito de volúmenes vehiculares en ocho horas aplica cuando el volumen de tránsito en la intersección es la razón principal para considerar la instalación del semáforo. El requisito se satisface cuando, por cada ocho horas de un día promedio, se cumple alguna de las tres condiciones siguientes:

- Condición A: Volumen Vehicular Mínimo
- Condición B: Interrupción del Tránsito
- Condición C: Combinación de Condiciones A y B

La Condición A, volumen vehicular mínimo, establece los volúmenes mínimos tanto para la vía principal como para la vía secundaria en ocho horas de un día promedio. La Tabla 4.1 muestra los valores mínimos sobre la vía principal y sobre el acceso de mayor volumen de la vía secundaria. La vía principal es la que lleva el mayor volumen de tránsito. El día promedio se define como un día de la semana que represente los volúmenes que normalmente existen en la intersección.

**Tabla 4.1. Condición A: Volúmenes mínimos (8 horas)**

Número de canales de tránsito en cada acceso		Veh/hora en la vía principal (total de ambos sentidos)	Veh/hora en la vía secundaria en el acceso de mayor volumen (un solo sentido)
Vía Principal	Vía Secundaria		
1	1	500	150
2 ó más	1	600	150
2 ó más	2 ó más	600	200
1	2 ó más	500	200

requerimientos de volúmenes en la vía principal y la vía secundaria son para las mismas ocho horas. Durante estas ocho horas, el volumen mayor para la vía secundaria puede ser unas horas para un sentido y el resto de las horas para el otro sentido. Cuando el percentil 85 de la velocidad de la vía principal (velocidad por debajo de la cual se desplaza el 85 % de los vehículos) es superior a 70 km/h, o cuando la intersección se encuentra en un área desarrollada de una zona no urbana aislada, los volúmenes de la Tabla 4.1 se pueden reducir multiplicándolos por un factor igual a 0.70.

La Condición B de interrupción del tránsito continuo se aplica a condiciones de operación donde el tránsito sobre la vía principal es tan alto que el tránsito en la vía secundaria puede experimentar demoras excesivas o riesgos para entrar o cruzar la vía principal. El requisito se satisface cuando para ocho horas de un día promedio, los volúmenes de tránsito presentados en la Tabla 4.2 se dan en la vía principal y en el acceso de mayor volumen de la vía secundaria, y la instalación del semáforo no afecta severamente la progresión del tránsito.

Los volúmenes en la vía principal y la vía secundaria son para las mismas ocho horas. Durante estas ocho horas, el volumen mayor para la vía secundaria puede ser unas horas para un sentido y el resto de las horas para el otro sentido.

Cuando el percentil 85 de la velocidad de la vía principal es superior a 70 km/h, o cuando la

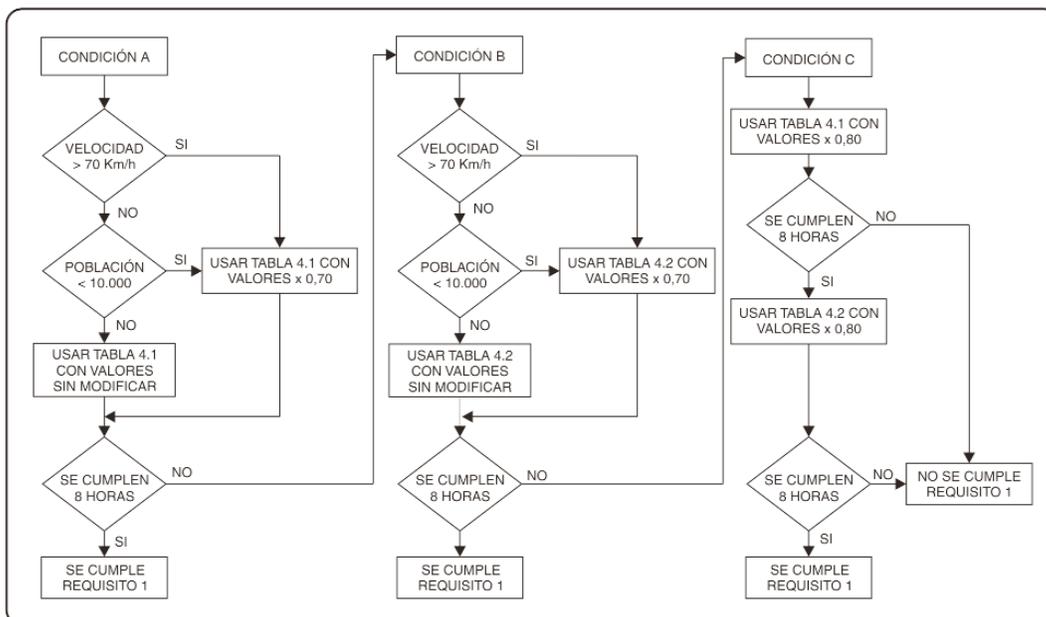
intersección se encuentra en un área desarrollada de una zona no urbana aislada, los volúmenes de la Tabla 4.2 se pueden reducir multiplicándolos por un factor igual a 0.70.

**Tabla 4.2. Condición B: Interrupción del tránsito continuo (8 horas)**

Número de canales de tránsito en cada acceso		Veh/hora en la vía principal (total de ambos sentidos)	Veh/hora en la vía secundaria en el acceso de mayor volumen (un solo sentido)
Vía Principal	Vía Secundaria		
1	1	750	75
2 ó más	1	900	75
2 ó más	2 ó más	900	100
1	2 ó más	750	100

La Condición C, combinación de condiciones A y B, se aplica cuando no se cumplen las condiciones A y B en sus valores mínimos estipulados, pero se satisfacen ambas condiciones en un 80% de sus valores mínimos, durante ocho horas de un día promedio. En este caso, no se aplica la reducción de 0.70 a los valores de las Tablas 4.1 y 4.2 cuando el percentil 85 de la velocidad de la vía principal es superior a 70 km/h, o cuando la intersección se encuentra en un área desarrollada de una zona no urbana aislada.

Los volúmenes para la vía principal y el acceso de mayor volumen de la vía secundaria deben ser en las mismas ocho horas. Sin embargo, no es necesario que las horas en las que se satisfaga el 80% de los valores de la Condición A y el 80% de los valores de la Condición B coincidan. El acceso de mayor volumen de la vía secundaria puede ser cualquiera de los dos accesos en las ocho horas. Antes de instalar un semáforo por la Condición C se deben investigar y probar otras medidas que causen menos demora e inconvenientes al tránsito. La Figura 4.2 muestra como se determina la justificación de un semáforo aplicando el Requisito 1.



**Figura 4.2. Aplicación del Requisito 1**

#### 4.2.3.2. Requisito 2 - Volúmenes en cuatro horas

Este requisito se aplica en aquellos sitios donde el volumen de tránsito que se cruza es la razón principal para instalar semáforos.

El requisito de volúmenes en cuatro horas se satisface cuando un estudio de tránsito encuentra que en cada una de cuatro horas de un día promedio de la semana, el punto que representa el volumen de tránsito en la vía principal (total para ambos sentidos) y el volumen del sentido de mayor volumen de la vía secundaria, cae por arriba de la curva en la Figura 4.3, correspondiente a la combinación de canales existente para la vía principal y secundaria.

El acceso de mayor volumen en la vía secundaria puede variar en las cuatro horas.

Cuando el percentil 85 de la velocidad de la vía principal es superior a 70 km/h, o cuando la intersección se encuentra en un área desarrollada de una comunidad no urbana aislada, se debe utilizar la Figura 4.4 para tomar la decisión.

#### 4.2.3.3. Requisito 3 - Hora Pico

El requisito de la hora pico se aplica cuando las condiciones del tránsito son tales que en una hora de un día promedio las demoras que experimenta el tránsito de la vía secundaria, para entrar o cruzar la vía principal, son excesivas.

Este requisito sólo se aplica en situaciones muy particulares tales como zonas industriales, fábricas, complejos de oficinas o usos del suelo que atraen o generan numerosos viajes en automóvil en períodos cortos.

De acuerdo a este requisito, la instalación de semáforos deberá considerarse si un estudio de tránsito determina que alguna de las dos consideraciones siguientes se cumple:

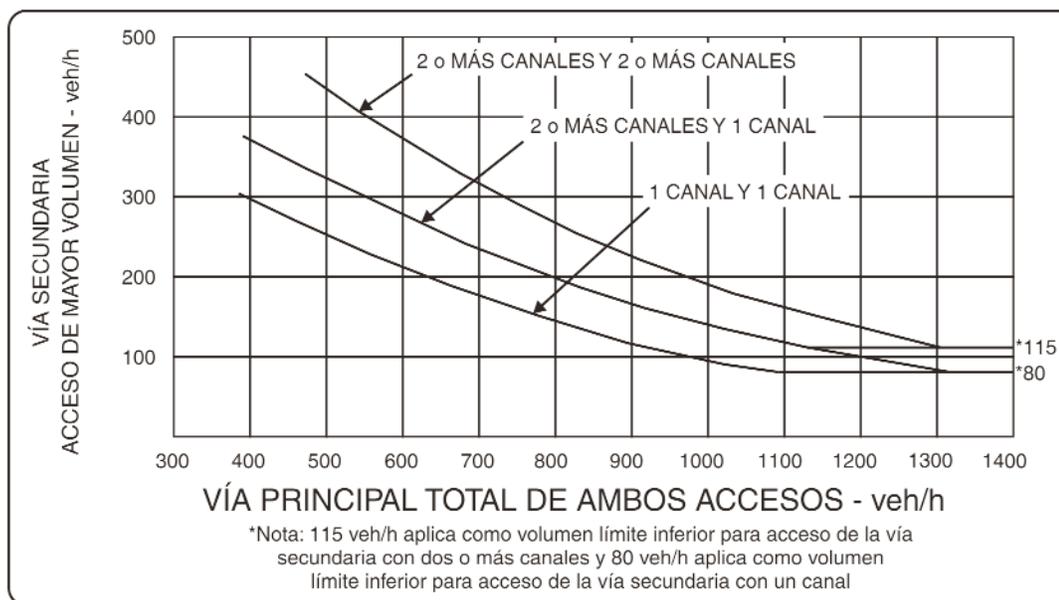
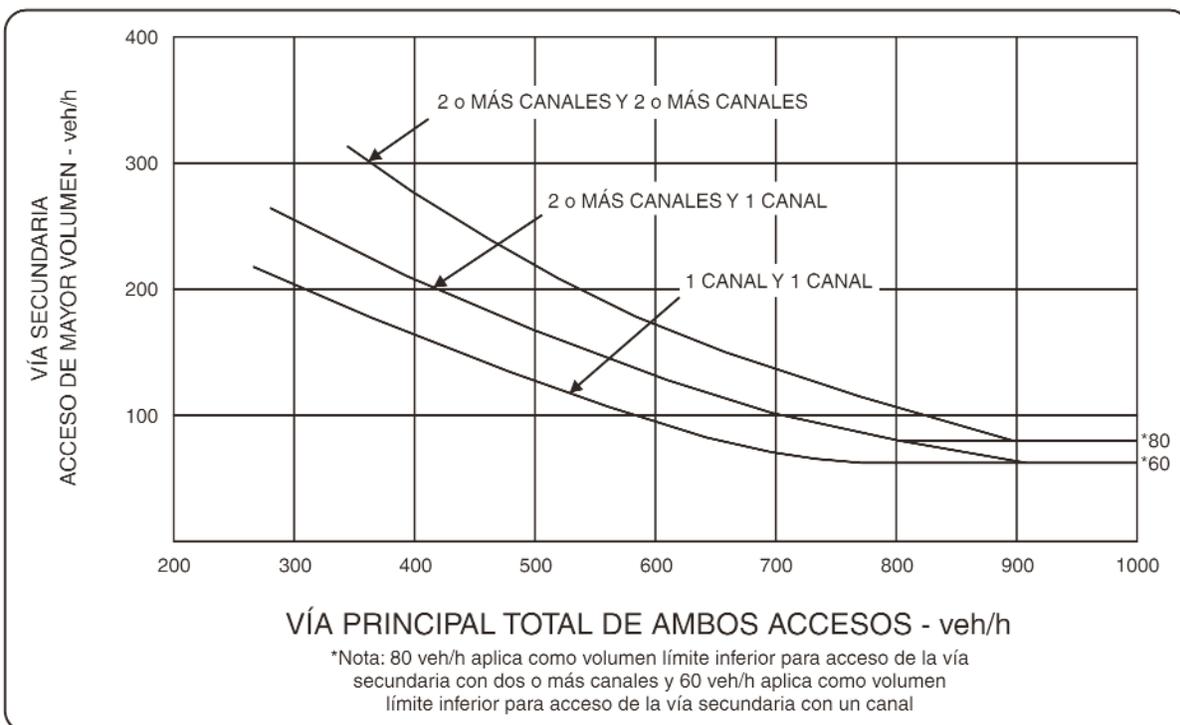


Figura 4.3. Requisito 2: Volumen en cuatro horas



**Figura 4.4. Requisito 2: Volumen en cuatro horas (velocidad mayor de 70 km/h o zona no urbana aislada)**

a) Las siguientes tres condiciones existen para una misma hora (cuatro períodos consecutivos de 15 minutos) de un día promedio:

1. La demora por paradas que experimenta el tránsito en un acceso de la vía secundaria (un solo sentido) controlado por una señal de PARE, excede los 4 vehículos-hora para un acceso de un canal; o los 5 vehículos-hora para un acceso de dos canales.
2. El volumen del mismo acceso de la vía secundaria (un solo sentido) es igual o mayor a 100 veh/h para un acceso de un canal ó 150 veh/h para un acceso de dos canales.
3. El volumen total que ingresa a la intersección supera los 650 veh/h en intersecciones de tres accesos o los 800 veh/h en intersecciones de cuatro accesos.

b) El punto graficado que representa el volumen total de la vía principal (ambos accesos) y el volumen correspondiente del acceso de la vía secundaria con mayor volumen en una hora (cuatro períodos consecutivos de 15 minutos) cae por encima de la curva correspondiente a la geometría de la intersección en la Figura 4.5.

Cuando el percentil 85 de la velocidad de la vía principal es superior a 70 km/h, o cuando la intersección se encuentra en un área desarrollada de una comunidad no urbana aislada, se debe utilizar la Figura 4.6 para tomar la decisión.

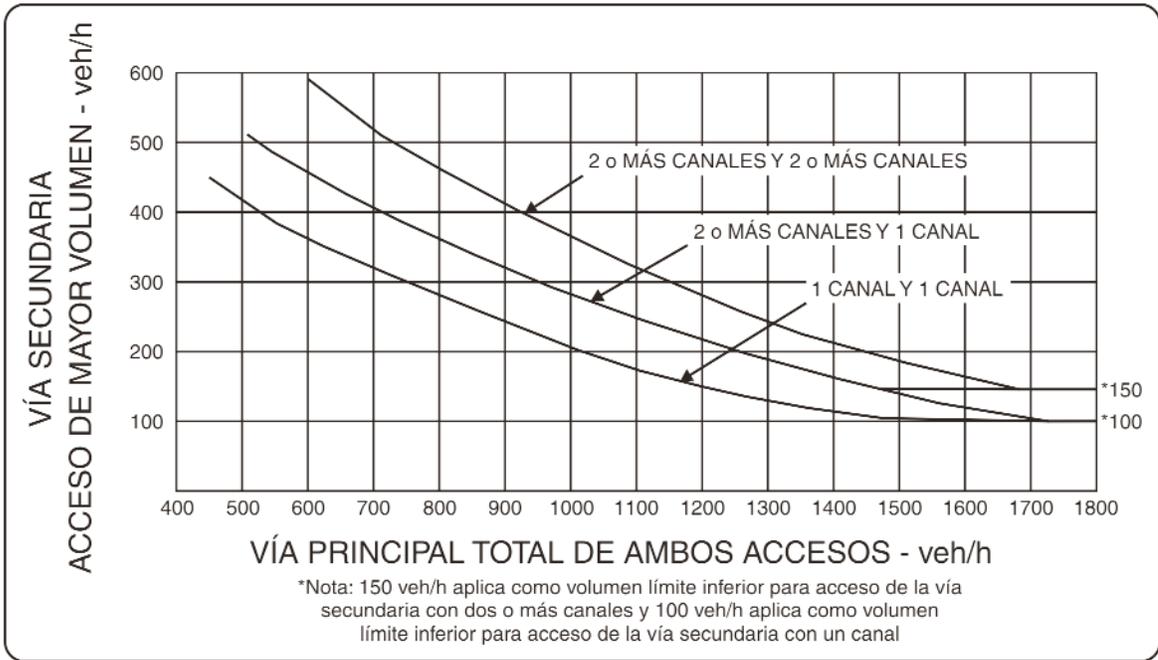


Figura 4.5. Requisito 3: Hora Pico

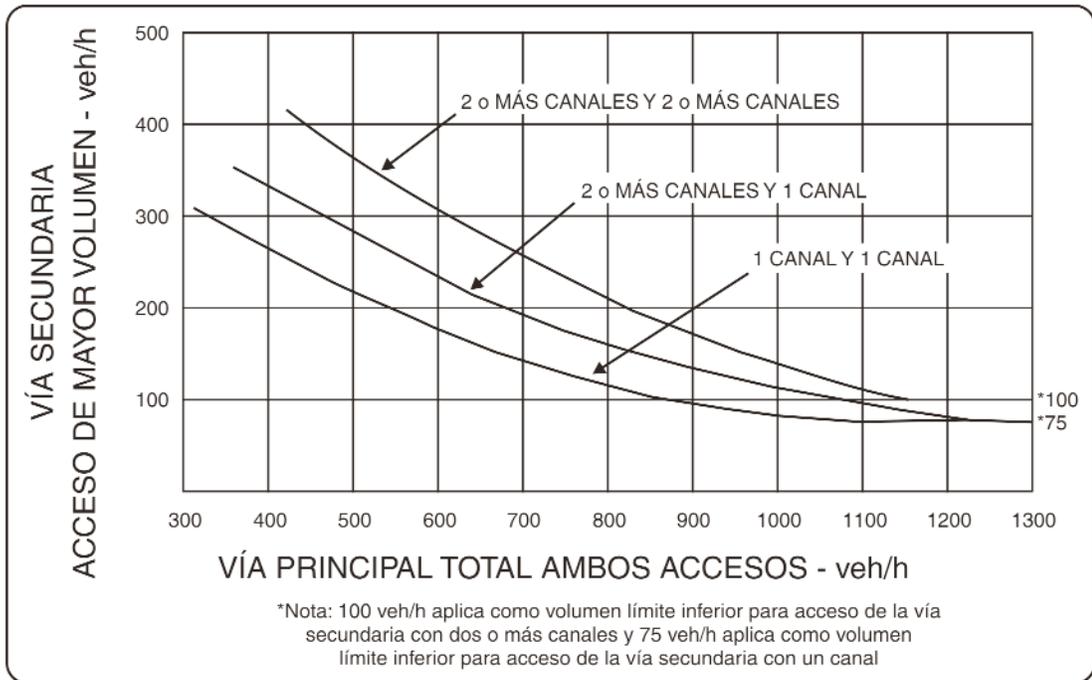


Figura 4.6. Requisito 3: Hora Pico  
(velocidad mayor de 70 km/h o zona no urbana)

#### 4.2.3.4. Requisito 4 - Volumen peatonal

Un semáforo se puede justificar cuando el volumen de tránsito de la vía principal es tan elevado que los peatones experimentan demoras excesivas al cruzar la vía. La necesidad de instalar un semáforo en una intersección o a mitad de cuadra se justifica si un estudio de tránsito encuentra que se cumplen ambas condiciones siguientes:

- Un volumen de peatones, cruzando la vía principal en una intersección o a mitad de cuadra, de 100 peatones por hora o más, para cuatro horas cualesquiera de un día promedio; o de 190 peatones por hora o más, para una hora de un día promedio.
- Que existan menos de 60 brechas de duración suficiente disponibles por hora en la corriente de tránsito, para que los peatones crucen durante el mismo período en el cual se satisface el requisito de volumen peatonal. Cuando existe una vía con divisoria, lo suficientemente ancha para que los peatones esperen, el requerimiento se aplica por separado a cada sentido del tránsito.

El Requisito 4 sólo es aplicable en aquellos sitios donde el semáforo más próximo en la vía principal se encuentra a más de 90 metros, a menos que un estudio de tránsito justifique su colocación a una distancia menor, y donde la colocación del semáforo propuesto no afecte sensiblemente la progresión del tránsito. Un semáforo instalado bajo este requisito debe:

- a) Coordinarse con otras intersecciones, si el semáforo forma parte de un sistema coordinado.
- b) Colocarse un semáforo accionado, si se trata de una intersección; como mínimo éste debe ser parcialmente accionado, pero la operación completamente accionada con detectores en todos los accesos también es apropiada.
- c) En sitios que no son intersecciones, el semáforo debe ser accionado por los peatones y se deben prohibir todas las obstrucciones y estacionamientos que causen restricciones de visibilidad, 15 metros antes y 6 metros después del cruce peatonal; la instalación debe incluir todas las señales requeridas y la demarcación adecuada en el pavimento.

Opcionalmente, los valores de los volúmenes peatonales de este requisito pueden reducirse en un 50% si la velocidad promedio de los peatones es inferior a 1,2 metros por segundo. Puede que no se requiera un semáforo de acuerdo a este requisito en localidades donde los semáforos adyacentes estén coordinados y proporcionen brechas en el tránsito lo suficientemente grandes para que los peatones puedan cruzar la vía, aun cuando la tasa de brechas sea inferior a una por minuto.

#### 4.2.3.5. Requisito 5 - Cruce en escuelas

El requisito de cruce en escuelas es aplicable cuando la razón principal para instalar semáforos es que niños escolares cruzan la vía principal.

Se debe considerar la instalación de un semáforo en un cruce escolar establecido, cuando un estudio de tránsito de frecuencia y duración de las brechas en la corriente vehicular se relaciona con el número y el tamaño de los grupos de escolares que cruzan la vía principal en el cruce designado. Dicho estudio debe demostrar que el número de brechas adecuadas en la corriente vehicular, durante el período cuando se usa el cruce escolar, es inferior al número de minutos en dicho período y existen al menos 20 estudiantes que crucen la vía en la hora de mayor cruce.

Antes de tomar una decisión acerca de instalar semáforo, se deben considerar otras acciones, tales como: semáforos o señales de prevención intermitentes, establecimiento de restricciones en la velocidad, uso de patrulleros escolares o de pasarelas peatonales.

El Requisito 5 sólo es aplicable a aquellos sitios donde el semáforo más próximo en la vía principal se encuentra a más de 90 metros, a menos que un estudio de tránsito justifique su colocación a una distancia menor y donde la colocación del semáforo propuesto no afecte sensiblemente la progresión del tránsito. Un semáforo instalado bajo este requisito debe:

- a) Coordinarse con otras intersecciones, si el semáforo forma parte de un sistema coordinado.
- b) Colocarse un semáforo accionado, si se trata de una intersección; como mínimo éste debe ser parcialmente accionado, pero la operación completamente accionada con detectores en todos los accesos también es apropiada.
- c) En sitios que no son intersecciones, el semáforo debe ser accionado por los escolares y se deben prohibir todas las obstrucciones y estacionamientos que causen restricciones de visibilidad, 15 metros antes y 6 metros después del cruce peatonal; la instalación debe incluir todas las señales requeridas y la demarcación adecuada en el pavimento.

#### **4.2.3.6. Requisito 6 - Movimiento progresivo**

A veces es necesario colocar un semáforo en intersecciones donde no se justifica por otros requisitos con el fin de mantener un agrupamiento adecuado de los vehículos y regular la velocidad del tránsito. El requisito de movimiento progresivo se satisface cuando una de las condiciones siguientes se cumple:

- a) En una vía de un solo sentido o en una vía con tránsito predominante en un sentido, los semáforos adyacentes se encuentren tan alejados que no permiten el apilamiento de los vehículos; o
- b) En una vía de dos sentidos, los semáforos adyacentes no permitan formar pelotones de vehículos y la instalación propuesta junto con los semáforos adyacentes puedan proporcionar progresión.

La instalación de un semáforo por este requisito no debe considerarse cuando la separación entre intersecciones con semáforos sea menor a 300 metros.

#### **4.2.3.7. Requisito 7 - Accidentes**

El requisito por accidentes es aplicable cuando la frecuencia y/o la severidad de los accidentes son las razones principales para instalar semáforos. Se considerará la instalación de semáforos, si un estudio de tránsito determina el cumplimiento de todas las condiciones siguientes:

- a) Otras medidas menos restrictivas, como por ejemplo, una señal de PARE adicional para los giros a la izquierda o la colocación de semáforos intermitentes, con observación y vigilancia adecuada, no logren reducir la frecuencia de accidentes.
- b) Se hayan producido 5 o más accidentes reportados, corregibles por el semáforo, en el período de doce meses, y en cada accidente se hayan producido lesionados o daños materiales con la intervención de la autoridad de tránsito.
- c) Exista un volumen vehicular que no sea inferior al 80% del valor de los requisitos especificados en la condición A o B del Requisito 1; o que el volumen peatonal no sea inferior al 80% del Requisito 4. Los requerimientos de volúmenes sobre la vía principal y la vía secundaria son para

las mismas ocho horas. Durante estas ocho horas, el volumen mayor para la vía secundaria puede ser unas horas para un sentido y el resto de las horas para el otro sentido.

#### 4.2.3.8. Requisito 8 - Sistema vial

La instalación de un semáforo en algunas intersecciones se puede justificar para promover la concentración y la organización del flujo de tránsito en una red vial. El requisito de sistema vial es aplicable cuando un estudio de tránsito de la intersección de dos o más rutas principales cumpla una o ambas de las condiciones siguientes:

- a) La intersección tenga un volumen total actual o proyectado en el corto plazo de al menos 1.000 vehículos durante la hora pico de un día laborable y tenga una proyección a cinco años de volúmenes, que basados en un estudio de ingeniería de tránsito, cumplirán uno o más de los requisitos 1, 2, y 3 en un día promedio laborable; o
- b) Tenga un volumen total existente o proyectado de al menos 1.000 vehículos por cada una de cinco horas de un sábado y/o domingo.

Una ruta principal bajo este requisito debe presentar una o más de las siguientes características:

- a) Ser parte de una vía o de un sistema vial que sirva al tránsito de paso, o
- b) Incluir vías no urbanas en la periferia, entrando o atravesando una ciudad, o
- c) Aparecer designada como ruta principal en un plano oficial, por ejemplo el plan de vialidad en un estudio de transporte y tránsito para un área urbana.

#### 4.2.3.9. Consideraciones finales

A continuación se presentan algunas consideraciones finales relacionadas con la aplicación de los requisitos descritos anteriormente:

- El cumplimiento de uno o más requisitos no obliga a la instalación de semáforos. Pueden existir otros factores a considerar (costos, posibles desvíos del tránsito, etc.) antes de decidir acerca de su instalación.
- No se deben instalar semáforos en una localidad a menos que uno o más de los requisitos anteriormente descritos se cumplan.
- No se deben instalar semáforos en una localidad a menos que un estudio de tránsito indique que la instalación de semáforos mejorará la seguridad total de la intersección y/o la operación del tránsito en la misma.
- No deben instalarse semáforos si se afectará negativamente la progresión del tránsito.
- En una localidad que no esté construida o desarrollada y donde no se pueda obtener conteos de tránsito que representen las condiciones futuras, los volúmenes horarios deben estimarse mediante un estudio de tránsito para compararlos con los requisitos de justificación anteriores.

#### 4.2.4. REQUISITOS PARA REMOVER UN SEMÁFORO

Los semáforos no son siempre la mejor solución para una situación particular. Además, las condiciones cambian y los patrones de tránsito que una vez justificaron la colocación de los semáforos pueden haber variado significativamente y hacer que un semáforo no sea necesario. Las autoridades competentes responsables por los semáforos deben evaluar periódicamente la eficiencia y la necesidad de los semáforos en operación, de acuerdo a los requisitos vigentes para

su colocación y, de ser necesario, remover aquellos semáforos que no se justifican.

En caso de contemplar la posibilidad de remover un semáforo instalado, se debe realizar un estudio de tránsito que establezca y documente las bases para su remoción. El estudio debe proporcionar los datos necesarios para responderle al público cualquier inquietud sobre la remoción del semáforo.

Los siguientes aspectos pueden considerarse en el estudio:

- La operación de la intersección que justifique la remoción del semáforo.
- Las proyecciones de volúmenes de tránsito para la aplicación de los requisitos de justificación de la instalación de semáforos.
- Las demoras por paradas con y sin el semáforo.
- La proyección de problemas de accidentes con y sin el semáforo.
- El tratamiento a los problemas existentes de visibilidad.
- El impacto sobre la operación en la progresión del tránsito.
- Los ahorros en los costos de operación por la remoción del semáforo, por ejemplo, ahorros en los costos de electricidad, mantenimiento y repuestos.
- Las mejoras en indicadores ambientales tales como, contaminación ambiental, ruido y consumo de combustible.
- Un análisis y una recomendación acerca del tipo de control que reemplazará al semáforo en la intersección.
- Las mejoras recientes a la geometría o a la visibilidad que se hayan realizado en la proximidad de la intersección

Si una vez realizado el estudio de tránsito se determina que el semáforo no se justifica, su remoción debe hacerse mediante los pasos siguientes:

- a) Avisarle a los conductores de la próxima modificación, colocando los semáforos en operación intermitente - amarillo para la vía principal e intermitente - rojo para la vía secundaria. Puede ser necesaria la colocación de señales informativas temporales.
- b) Observar la operación de la intersección, una vez colocada en intermitencia, para garantizar que opera como se planificó. Si es así, colocar señales de PARE en la vía secundaria.
- c) Observar de nuevo la intersección, una semana después, para verificar que opera como se planificó. De ser así, remover los semáforos, incluyendo todo el equipamiento superficial: cabezas, cableado, postes, gabinete del controlador, etc. y dejar todas las fundaciones y pernos de anclaje en su lugar, protegidos adecuadamente, por unos seis meses. Esto permite una reinstalación económica si se requiere con base en la experiencia observada de la operación de la intersección.
- d) Supervisar muy de cerca la operación de la intersección y los accidentes que se produzcan en la misma, por unos tres meses aproximadamente.

Debe recordarse que la reacción de la comunidad con relación a los semáforos es típicamente requerir su instalación en respuesta a una necesidad percibida. Raras veces la comunidad exige la remoción de un semáforo, por lo tanto el ingeniero de tránsito debe argumentar esta opción tanto a los políticos como a la comunidad.

## 4.2.5. SIGNIFICADO DE LAS INDICACIONES

### 4.2.5.1. Colores y flechas direccionales

Las lentes de los semáforos para control vehicular deberán ser de color rojo, amarillo y verde. Cuando se utilicen flechas, éstas también serán rojas, amarillas y verdes sobre fondo negro. Cada cara de semáforo en una intersección tendrá tres, cuatro o cinco secciones. Se permitirá una cara de semáforo con una sola sección si la misma tiene una FLECHA VERDE continuamente iluminada para indicar un movimiento libre o continuo o una FLECHA AMARILLA INTERMITENTE para indicar un movimiento de giro con precaución.

Las lentes de la cara pueden estar en posición vertical u horizontal, excepto que en la posición vertical, lentes del mismo color pueden estar horizontalmente adyacentes entre sí. Estos grupos de lentes se limitarán a dos lentes idénticos o a dos o tres lentes diferentes del mismo color. En cada cara, todas las lentes rojas en un arreglo vertical de las secciones deben estar colocadas en la posición superior y, en un arreglo horizontal, a la izquierda de todas las lentes amarillas y verdes.

Si se utiliza una lente con AMARILLO LLENO, ésta debe estar ubicada entre la o las lentes ROJAS y las demás lentes.

En un arreglo vertical de secciones, cada FLECHA AMARILLA fija debe estar ubicada inmediatamente arriba de la FLECHA VERDE fija para la cual aplica. En un arreglo horizontal de secciones, la FLECHA AMARILLA debe estar ubicada inmediatamente a la izquierda de la FLECHA VERDE para la cual aplica. La lente con FLECHA VERDE para seguir derecho debe ubicarse inmediatamente a la derecha del VERDE LLENO y la sección con FLECHA VERDE para los giros a la derecha debe colocarse a la derecha de todas las demás lentes. La posición relativa de las lentes en una cara de semáforos debe ser como se indica a continuación:

a) En un arreglo vertical de secciones, de arriba hacia abajo:

ROJO LLENO  
 FLECHA ROJA a la izquierda  
 FLECHA ROJA a la derecha  
 AMARILLO LLENO  
 VERDE LLENO  
 FLECHA VERDE para seguir derecho  
 FLECHA AMARILLA para girar a la izquierda  
 FLECHA VERDE para girar a la izquierda  
 FLECHA AMARILLA para girar a la derecha  
 FLECHA VERDE para girar a la derecha

b) En un arreglo horizontal de secciones, de izquierda a derecha:

ROJO LLENO  
 FLECHA ROJA a la izquierda  
 FLECHA ROJA a la derecha  
 AMARILLO LLENO  
 FLECHA AMARILLA para girar a la izquierda  
 FLECHA VERDE para girar a la izquierda

VERDE LLENO

FLECHA VERDE para seguir derecho

FLECHA AMARILLA para girar a la derecha

FLECHA VERDE para girar a la derecha

- c) Si indicaciones adyacentes en una misma cara no son idénticas, su arreglo debe ajustarse a los ítems a) o b), según aplique.

En una cara con arreglo vertical de secciones, las indicaciones idénticas pueden repetirse en posición adyacente horizontal dentro de la misma cara.

Se pueden usar caras con arreglo vertical y horizontal en un mismo acceso siempre que guarden la separación lateral correspondiente (un mínimo 2,40 m entre centros de caras).

Las flechas direccionales deben apuntar hacia:

- a) Arriba verticalmente para indicar un movimiento que sigue derecho.
- b) En forma horizontal en el sentido del giro (izquierda o derecha) para indicar un giro de aproximadamente 90 grados o mayor.
- c) Arriba en un ángulo aproximadamente igual al ángulo del giro si éste es substancialmente inferior a 90 grados.

La Figura 4.7 muestra algunos de los posibles arreglos de secciones en caras de semáforos.

#### 4.2.5.2. Significado y aplicación del uso de lentes llenos

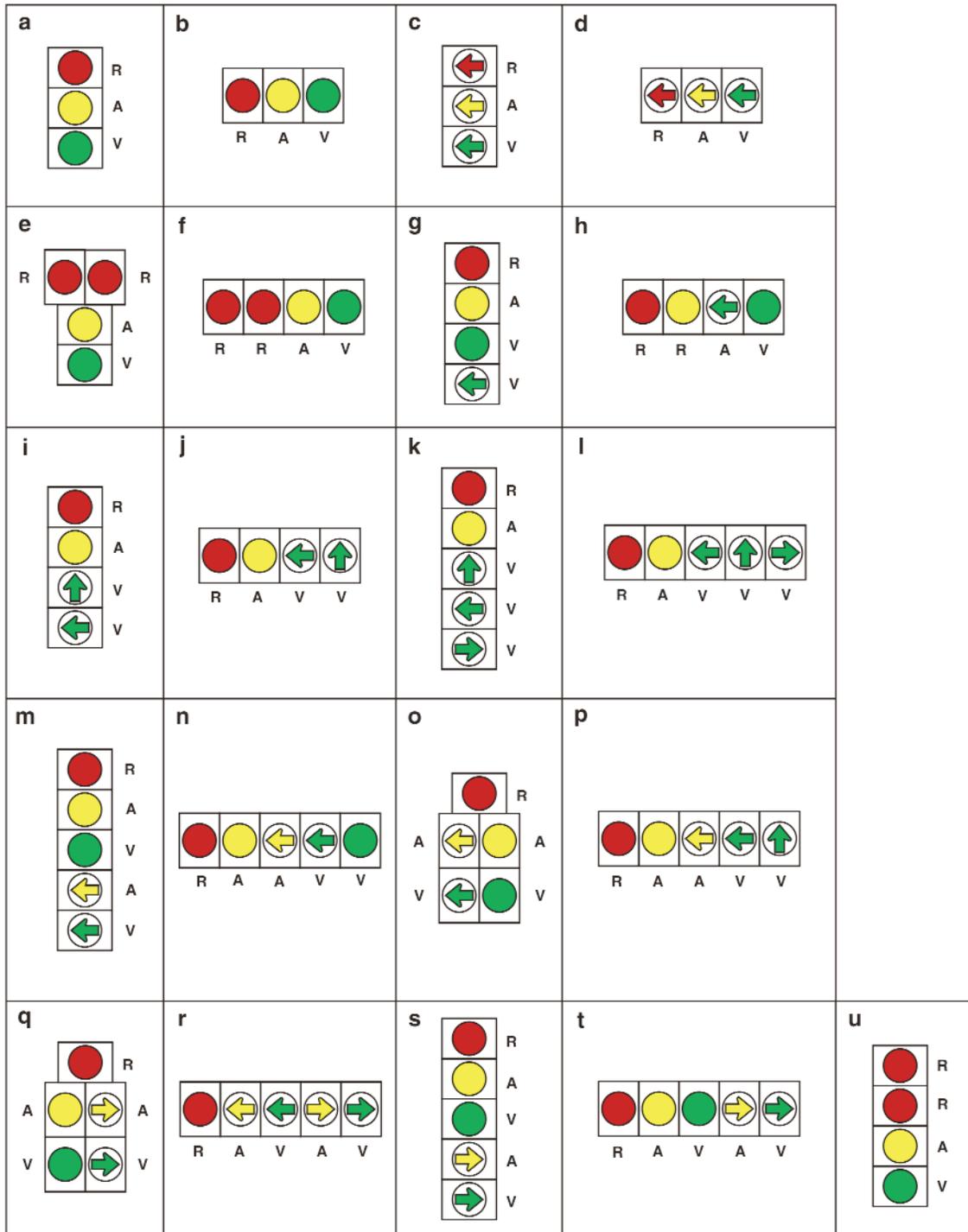
##### ROJO LLENO FIJO

1. Los conductores de los vehículos deben detenerse antes de la línea de PARE y, si no la hay, a una distancia de dos metros antes de la intersección, y deben permanecer parados hasta que aparezca el verde correspondiente.
2. Ningún peatón frente a esta indicación debe cruzar la vía, a menos que un semáforo peatonal le indique su paso.

Nunca deberán aparecer simultáneamente combinaciones de colores en los semáforos, excepto cuando haya flechas direccionales verdes o amarillas con el ROJO LLENO.

##### AMARILLO LLENO FIJO

1. 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:
  - Continuar su marcha si está muy próximo a la intersección ya que una frenada brusca podría ocasionar situaciones peligrosas con los vehículos de atrás, o
  - Detener su marcha con el fin de que la intersección no sea bloqueada y los vehículos de las demás corrientes puedan circular en el período de verde que va a iniciar.



**Figura 4.7. Ejemplos de arreglos de secciones en caras de semáforo**

2. Advierte a los peatones que cruzan hacia esta indicación, a menos que estén dirigidos por un semáforo peatonal, que no hay tiempo suficiente para cruzar la vía antes que aparezca la indicación roja, y ningún peatón debe iniciar el cruce.

Siempre se cambiará de luz verde a luz roja o a rojo intermitente con un amarillo fijo durante el

intervalo necesario para desalojar la intersección.

Sin embargo, no se empleará en cambios de ROJO LLENO con FLECHA VERDE para el giro a la izquierda o a la derecha a VERDE LLENO o al AMARILLO INTERMITENTE.

El AMARILLO LLENO FIJO no debe ser usado como señal de precaución.

### **VERDE LLENO FIJO**

1. El tránsito, con excepción de los peatones, al observar la indicación de VERDE LLENO puede seguir de frente o girar a la izquierda o a la derecha, excepto cuando dicho movimiento esté modificado por señales de uso de canal, señales de prohibición de giro, demarcación de canales o por el diseño geométrico. El tránsito vehicular, incluyendo a los vehículos que giran a la izquierda o derecha deberán cederle el derecho de paso a peatones que se encuentren cruzando legalmente la intersección o un paso peatonal adyacente cuando se muestre esta indicación.
2. Los peatones que caminan hacia esta indicación, a menos que estén dirigidos por un semáforo peatonal, pueden cruzar la vía en cualquier paso peatonal demarcado o no. Los peatones deberán dejar que los vehículos que legalmente se encuentren en la intersección terminen de despejar la misma cuando se muestre esta indicación.

#### **4.2.5.3. Significado y uso de flechas direccionales**

### **FLECHA ROJA FIJA**

1. El tránsito vehicular al observar la indicación de FLECHA ROJA FIJA no debe ingresar a la intersección para realizar el movimiento indicado por la flecha, a menos que ingrese a la intersección para realizar otro movimiento permitido por otra indicación del semáforo, y debe detenerse en la línea de PARE y, si no la hay, a una distancia de dos metros antes de la intersección, y debe permanecer detenido hasta que aparezca la indicación que permita al movimiento detenido con la FLECHA ROJA.
2. Los peatones, frente a esta indicación, no deben ingresar a la intersección a menos que una cara peatonal se los permita.

### **FLECHA AMARILLA FIJA**

1. Advierte a los conductores de los vehículos que el período de verde asignado al flujo vehicular que realiza el movimiento permitido por la flecha verde 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:
  - Continuar su marcha si está muy próximo a la intersección ya que una frenada brusca podría ocasionar situaciones peligrosas con los vehículos de atrás, o
  - Detener su marcha con el fin de que la intersección no sea bloqueada y los vehículos de las demás corrientes puedan circular en el período verde que va a iniciar.
2. Advierte a los peatones que caminan hacia esta indicación, a menos que estén dirigidos por un semáforo peatonal, que no hay tiempo suficiente para cruzar la vía antes que aparezca la

indicación roja, y ningún peatón debe iniciar el cruce.

### **FLECHA VERDE FIJA para seguir derecho (exclusivamente)**

1. Los vehículos podrán seguir derecho y no darán vuelta a la derecha ni a la izquierda. Estos vehículos deben respetar el posible derecho de paso de peatones que se encuentren legalmente dentro de la intersección al mismo tiempo que se encienda esta luz.
2. Los peatones que avancen hacia esta señal pueden cruzar la vía dentro de su paso marcado o no, a menos que un semáforo peatonal les indique otra cosa.

### **FLECHA VERDE FIJA para el giro a la izquierda o a la derecha:**

1. Los vehículos girarán a la izquierda o a la derecha según lo indique la flecha.
2. Las flechas direccionales para girar a la izquierda sólo se deben utilizar si existen canales exclusivos para dicho movimiento, complementados con marcas en el pavimento y con una señalización adecuada, a menos que todo el acceso se mueva simultáneamente.
3. El tránsito vehicular que gira en una intersección debe ceder el derecho de paso a los peatones que se encuentren legalmente dentro de la calzada.

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.

Cuando se intenta permitir que el tránsito haga un determinado giro, y se prohíbe al resto del tránsito que siga derecho, debe encenderse el rojo lleno para estos vehículos y al mismo tiempo la flecha verde del giro permitido.

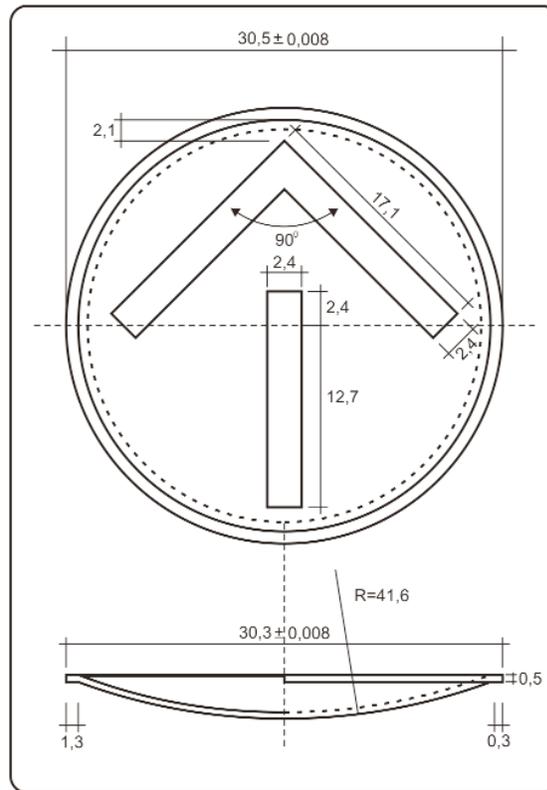
Cuando se intenta permitir que el tránsito realice varios movimientos, pero prohibiendo algún giro, debe iluminarse una flecha verde para cada uno de los movimientos permitidos y la lente roja de la misma cara no debe encenderse.

Las flechas serán la única parte iluminada de la lente y se reproducirán de acuerdo con las dimensiones y formas que se indican en la Figuras 4.8. Nunca deben colocarse dos flechas direccionales en el mismo lente.

#### **4.2.5.4. Aplicación de indicaciones fijas para los giros a la izquierda**

El tránsito que gira a la izquierda sólo podrá ser controlado en forma protegida, es decir, los giros a la izquierda sólo se podrán hacer cuando aparezca una indicación de FLECHA VERDE hacia la izquierda o cuando todo el tránsito en el acceso se mueva simultáneamente y se utilice una indicación de verde (LLENO o FLECHA) para el tránsito que sigue derecho.

La cara del semáforo que controla el movimiento de giro a la izquierda debe ser capaz de mostrar uno de los siguientes conjuntos de indicaciones:



**Figura 4.8. Dimensión de Flecha Direccional - Sección de 30 cm**

1. Sólo FLECHA ROJA, FLECHA AMARILLA y FLECHA VERDE hacia la izquierda. Por lo menos debe existir una cara para el giro a la izquierda además de las dos caras requeridas para el movimiento principal en el acceso. Sólo se debe encender una de las indicaciones de esta cara a la vez. No se necesita una señal con instrucciones para los giros con este tipo de indicaciones.
2. ROJO LLENO CON FLECHA AMARILLA y FLECHA VERDE hacia la izquierda. Por lo menos debe existir una cara para el giro a la izquierda además de las dos caras requeridas para el movimiento principal en el acceso. Sólo se debe encender una de las indicaciones a la vez. La indicación de ROJO LLENO debe estar oculta mediante visores u otros medios o diseñada para que no sea directamente visible a los conductores del tránsito que sigue derecho.
3. ROJO LLENO, AMARILLO LLENO, VERDE LLENO y FLECHA VERDE hacia la izquierda. Esta cara de cuatro secciones sólo deberá utilizarse cuando las indicaciones de VERDE LLENO y FLECHA VERDE comiencen y terminen juntas. Durante cada intervalo, las indicaciones circulares deben tener el mismo color que las indicaciones circulares de las caras de semáforos que controlan el tránsito adyacente que sigue derecho.

#### 4.2.5.5. Aplicación de indicaciones fijas para los giros a la derecha

El tránsito que gira a la derecha podrá ser controlado por uno de los cuatro modos que se indican a continuación:

- A. Modo compartido solamente: los giros a la derecha que se realizan durante el VERDE LLENO o con una FLECHA VERDE para girar a la derecha, después de ceder el paso a los peatones.

- B. Modo protegido solamente: los giros a la derecha que se realizan cuando se muestra la indicación de FLECHA VERDE hacia la derecha y los peatones se encuentran detenidos por una cara peatonal que les impide cruzar.
- C. Modo protegido/compartido: ambos modos ocurren en un acceso durante el mismo ciclo.
- D. Modo variable para el giro a la derecha: el modo de operación cambia entre protegido y compartido o entre compartido y protegido durante diferentes períodos en el día.

Las caras necesarias para los giros a la derecha y su operación vienen determinadas de acuerdo al modo de operación seleccionado como se indica a continuación:

- A. Modo compartido solamente: no es necesario colocar una cara o una indicación separada para el giro a la derecha. De colocarse esta cara, la indicación del semáforo para el giro a la derecha compartido deberá ser del mismo color de la indicación de los semáforos para el tránsito adyacente que sigue derecho.
- B. Modo protegido solamente: el semáforo para el giro a la derecha debe ser capaz de mostrar uno de los siguientes conjuntos de indicaciones:

1. Sólo FLECHA ROJA, FLECHA AMARILLA y FLECHA VERDE hacia la derecha. Por lo menos debe existir una cara para el giro a la derecha además de las dos caras requeridas para el movimiento principal en el acceso. Sólo se debe encender una de las indicaciones de esta cara a la vez. No se necesita una señal con instrucciones para los giros con este tipo de indicaciones.

2. ROJO LLENO CON FLECHA AMARILLA y FLECHA VERDE hacia la derecha. Por lo menos debe existir una cara para el giro a la derecha además de las dos caras requeridas para el movimiento principal en el acceso. Sólo se debe encender una de las indicaciones de esta cara a la vez. La indicación de ROJO LLENO debe estar oculta mediante visores u otros medios o diseñada para que no sea directamente visible a los conductores del tránsito que sigue derecho.

3. ROJO LLENO, AMARILLO LLENO, VERDE LLENO y FLECHA VERDE hacia la derecha. Esta cara de cuatro secciones sólo deberá utilizarse cuando las indicaciones de VERDE LLENO y FLECHA VERDE comiencen y terminen juntas. Durante cada intervalo, las indicaciones llenas deben tener el mismo color que las indicaciones llenas de las caras de semáforos que controlan el tránsito adyacente que sigue derecho.

Cuando se encienda la FLECHA VERDE hacia la derecha en esta situación deberán existir caras peatonales que les indiquen a los peatones que no deben iniciar el cruce de la calle.

4. ROJO LLENO, AMARILLO LLENO, FLECHA VERDE para seguir derecho y FLECHA VERDE para girar a la derecha.

Cuando se encienda la FLECHA VERDE hacia la derecha en esta situación deberán existir caras peatonales que le indiquen a los peatones que no deben iniciar el cruce de la calle.

- C. Modo protegido/compartido: no es necesario colocar una cara separada para el giro a la derecha, pero si se coloca, será considerada como una cara del acceso y debe cumplir los siguientes requerimientos:

1. Durante el movimiento de giro a la derecha protegido, la cara del semáforo debe mostrar simultáneamente:

- (a) Una indicación de FLECHA VERDE para el giro a la derecha, y
- (b) Una indicación del mismo color que la indicación del semáforo para el tránsito del canal adyacente que sigue derecho en el mismo acceso del giro a la derecha.
- (c) Los peatones deben tener una cara peatonal que les impida cruzar en conflicto con el giro a la derecha

2. Durante el movimiento de giro compartido todas las caras de semáforos en el acceso deben mostrar la indicación de VERDE LLENO o una FLECHA VERDE, y las caras peatonales deben indicarle a los peatones que pueden cruzar.

- D. Modo variable para el giro a la derecha: si el modo protegido ocurre durante uno o más períodos del día y el modo solamente compartido o la combinación de protegido/compartido ocurre durante otros períodos del día, se deben cumplir los requerimientos de los puntos A, B y C apropiados al modo de operación.

Se pueden utilizar indicaciones adicionales o señales de mensaje variable para cumplir con los requerimientos del modo variable de operación para el giro a la derecha.

#### 4.2.5.6. Intermitentes

##### A. ROJO LLENO intermitente:

Cuando se ilumine una lente ROJA con destellos intermitentes, los conductores de los vehículos harán un alto obligatorio y se detendrán antes de la línea de PARE. El ROJO LLENO intermitente se empleará en los accesos a una vía preferencial o en todos los accesos si se considera conveniente por seguridad y siempre operará como una señal vertical de PARE (R1-1).

##### B. AMARILLO LLENO intermitente:

Cuando se ilumine la lente AMARILLA con destellos intermitentes, los conductores de los vehículos realizarán el cruce con precaución. El AMARILLO LLENO intermitente deberá emplearse en la vía que tenga preferencia. El AMARILLO LLENO intermitente no debe utilizarse como advertencia del cambio de indicación en el semáforo.

El AMARILLO LLENO fijo no debe ser usado como señal de precaución.

##### C. FLECHA ROJA intermitente:

Cuando se ilumine la lente con FLECHA ROJA con destellos intermitentes, los conductores de los vehículos que desean realizar el giro indicado por la flecha harán un alto obligatorio y se detendrán antes de la línea de PARE. La indicación de FLECHA ROJA intermitente se empleará en los canales exclusivos para el tránsito que gira y puede destellar en rojo aunque las demás caras de la vía preferencial se encuentren mostrando una indicación de AMARILLO LLENO intermitente. La FLECHA ROJA intermitente operará como una señal vertical de PARE (R1-1).

**D. FLECHA AMARILLA intermitente:**

Cuando se ilumine la lente con FLECHA AMARILLA mediante destellos intermitentes, los conductores de los vehículos realizarán el movimiento indicado por la flecha con precaución. Esta indicación se utilizará en aquellos casos donde se permita girar continuamente y pueda existir conflicto con vehículos o peatones que legalmente se encuentren cruzando la intersección.

**E. FLECHA VERDE intermitente:**

Cuando la lente con FLECHA VERDE funcione con destellos intermitentes, advertirá a los conductores el final de tiempo de luz verde cuando no se pueda utilizar la FLECHA AMARILLA como intervalo de cambio en caras de cuatro o cinco secciones.

**F. VERDE LLENO intermitente:**

No se permitirá utilizar en ningún caso esta indicación.

**4.2.5.7. Aplicación de la indicación intermitente en los semáforos**

La lente de una indicación intermitente debe destellar continuamente a una tasa no menor de 50 ni mayor de 60 veces por minuto. El período iluminado o destello de cada indicación intermitente no debe ser menor que la mitad y ni mayor que las dos terceras partes del ciclo total de intermitencia.

Las indicaciones intermitentes deben cumplir con los requerimientos de otras secciones del manual relacionadas con el ocultamiento o el posicionamiento de las caras con indicaciones conflictivas, excepto cuando las indicaciones de AMARILLO intermitente para el tránsito que sigue derecho no necesiten ocultarse o cubrirse para prevenir conflictos visuales a los conductores en canales separados para los giros.

Las siguientes pautas deben aplicarse cuando se opera un semáforo en modo de intermitencia:

- A. Cada acceso o movimiento de giro protegido controlado por la operación de indicaciones fijas debe mostrar una indicación de semáforo durante la operación en intermitencia.
- B. Todas las caras de los semáforos que se coloquen intermitentes en un acceso deben destellar en el mismo color, amarillo o rojo, excepto las caras separadas para los movimientos de giro protegidos y las caras separadas para los movimientos protegidos/compartidos, las cuales se puede permitir que destellen en indicación de ROJO LLENO o FLECHA ROJA cuando las indicaciones de los semáforos para el movimiento que sigue derecho estén en AMARILLO intermitente. Las caras compartidas para movimientos protegidos/compartidos de giros a la derecha no deben destellar en indicación de ROJO LLENO cuando las indicaciones de los semáforos para el movimiento que sigue derecho están en amarillo intermitente.
- C. Si una cara de semáforo incluye tanto lentes con indicación llena como lentes con flecha del color que debe colocarse en intermitente, sólo debe ponerse en intermitente la lente con la indicación llena.
- D. Si la cara tiene sólo indicaciones de flechas, las indicaciones de FLECHA ROJA o de FLECHA AMARILLA deben colocarse intermitentes de acuerdo a la condición de intermitencia deseada. Cuando un semáforo se opera en modo de intermitencia, el AMARILLO intermitente debe usarse

para la vía principal y el ROJO intermitente para la vía secundaria, a menos que se utilice ROJO intermitente en todos los accesos.

#### **4.2.5.8. Operación en intermitencia de los semáforos**

Cada semáforo debe tener un mecanismo independiente de intermitencia que opere de acuerdo a los principios establecidos en la sección anterior. La operación en intermitencia no puede terminarse con la remoción o el apagado del controlador o del monitor de conflicto o de ambos.

Cuando un semáforo opera en modo de intermitencia:

- A. Las indicaciones de AMARILLO intermitente no pueden mostrarse para accesos con movimientos en conflicto.
- B. Al menos una indicación en cada cara del semáforo debe destellar, excepto en el siguiente caso: una cara de una sola sección, que tenga una FLECHA VERDE iluminada constantemente y que sea utilizada sólo para indicar un movimiento libre bajo operación de indicación fija. La cara puede seguir iluminada con esta indicación cuando se opera el semáforo en el modo de intermitencia.

Se debe proporcionar un interruptor manual o un circuito de un monitor de conflicto y, cuando se considere apropiado, se pueden utilizar mecanismos automáticos para comenzar el modo de intermitencia.

El paso del modo de operación fijo al modo de intermitencia, si lo inicia el monitor de conflicto o un interruptor manual, debe comenzar inmediatamente.

Los cambios programados del modo de operación fijo al modo de intermitencia deben hacerse bajo cualquiera de las siguientes circunstancias:

- A. Al final del intervalo común de rojo para la vía principal (justo antes de cambiar a verde en ambos sentidos de la vía principal), o
- B. Directamente de la indicación de VERDE LLENO o de FLECHA VERDE al AMARILLO INTERMITENTE o a la FLECHA AMARILLA INTERMITENTE, respectivamente.

Durante cambios programados, ninguna indicación fija de verde o de amarillo intermitente puede terminarse y continuar inmediatamente con la indicación de rojo fijo o rojo intermitente sin aparecer primero una indicación fija de amarillo.

Los cambios del modo de intermitencia al modo fijo se deberán realizar proporcionando siempre un intervalo de despeje rojo fijo antes de cambiar de la indicación de amarillo intermitente o de rojo intermitente a la indicación de verde en la vía principal. El intervalo de despeje rojo fijo proporcionado durante el cambio de operación en intermitencia al modo de operación fijo debe tener una duración de seis segundos.

#### **4.2.6. CARAS**

##### **4.2.6.1. Tipos de montaje de caras de semáforos**

Existen los siguientes tipos de montaje de las caras de semáforos:

A) Al lado de la vía de tránsito:

1. Postes.
2. Brazos cortos adheridos a los postes.

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

1. Brazos largos que se extienden de los postes dentro de la vía.
2. Suspendidos mediante cables (guayas).
3. Postes o pedestales en islas.

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

#### 4.2.6.2. Número y ubicación longitudinal

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 momentáneamente por vehículos grandes, camiones y autobuses, y representa un factor de seguridad en caso de resplandor del sol en el 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 canales, necesidad de indicaciones direccionales o de giro, configuración de la intersección, islas para canalización, etc.

Las caras de los semáforos en un acceso de una intersección o en un punto a mitad de cuadra deben colocarse de acuerdo a las siguientes condiciones:

- A. Todo movimiento principal en un acceso debe tener un mínimo de dos caras, aunque el movimiento principal sea un movimiento de giro.
- B. Consulte la sección 4.2.5.4 relacionada con las caras para los giros a la izquierda.
- C. Consulte la sección 4.2.5.5 relacionada con las caras para los giros a la derecha.
- D. Excepto donde el ancho de la intersección u otras condiciones lo hagan físicamente impráctico:
  1. Una cara instalada para satisfacer los requerimientos de los giros a la izquierda y de los giros a la derecha y al menos una de las dos caras para el movimiento principal, pero preferiblemente ambas deberán localizarse:

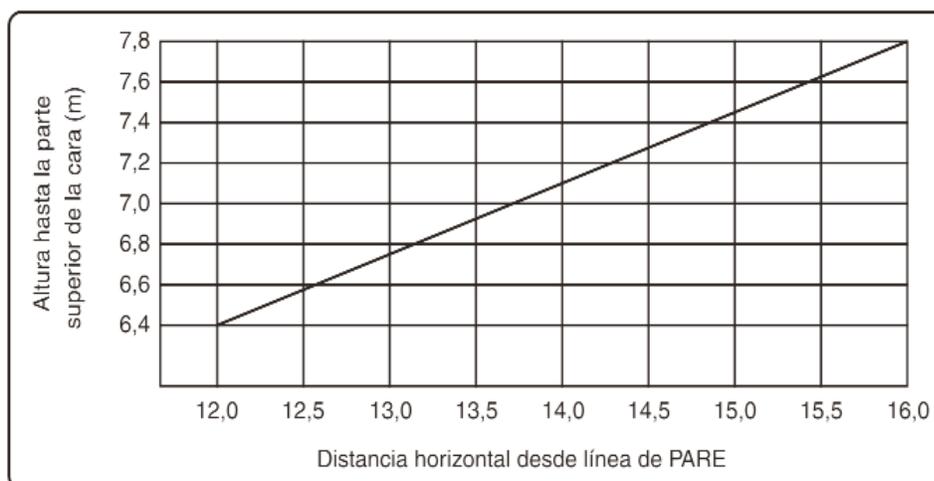
- a. Como mínimo a 12 m después de la línea de PARE

b. A no más de 55 m de la línea de PARE, a menos de que exista una cara suplementaria en el lado cercano del acceso.

c. Tan cerca como sea práctico de la línea de visual del conductor, si la cara está montada en la vía.

2. Donde la cara más próxima esté localizada a una distancia entre 45 m y 55 m de la línea de PARE, un estudio de tránsito de las condiciones, incluyendo el peor caso de visibilidad, deberá usarse para determinar si una cara de semáforo suplementaria sería beneficiosa.

3. Una cara instalada para satisfacer los requerimientos de los giros a la izquierda y de los giros a la derecha y al menos una de las dos caras para el movimiento principal, pero preferiblemente ambas deberán localizarse a una altura máxima de la parte superior de la cara de 7,80 m sobre el pavimento de la vía. Para distancias de visibilidad entre 12 m y 16 m de la línea de PARE se deberá usar la Figura 4.9 para determinar la altura máxima de la parte superior de la cara.



**Figura 4.9. Altura de la parte superior de la cara de un semáforo**

4. Por lo menos una cara y preferiblemente ambas caras requeridas en el ítem A de este estándar deberán localizarse entre dos líneas que se intersecan en el centro del acceso, en un punto a 3 m antes de la línea de PARE. Una línea formando un ángulo de aproximadamente 20° a la derecha del centro extendido del acceso y la otra línea un ángulo de 20° a la izquierda del centro extendido del acceso. Ver Figura 4.10.

5. Si ambas caras requeridas en el ítem A de esta sección, están montadas sobre postes, ambas caras deberán estar en el lado alejado de la intersección, una a la izquierda y otra a la derecha de los canales de aproximación.

E. Las caras de semáforos requeridas para el movimiento que sigue derecho en cualquier acceso deberán estar separadas lateralmente a una distancia no inferior de 2,40 m, medida perpendicularmente a la dirección del acceso entre los centros de las caras. Ver Figura 4.11.

F. Si se proporciona más de una cara para un giro protegido, y una o ambas caras están ubicadas en la vía, las caras deberán localizarse a una distancia no inferior de 2,40 m, medida perpendicularmente a la dirección del acceso entre los centros de las caras. Ver Figura 4.11.

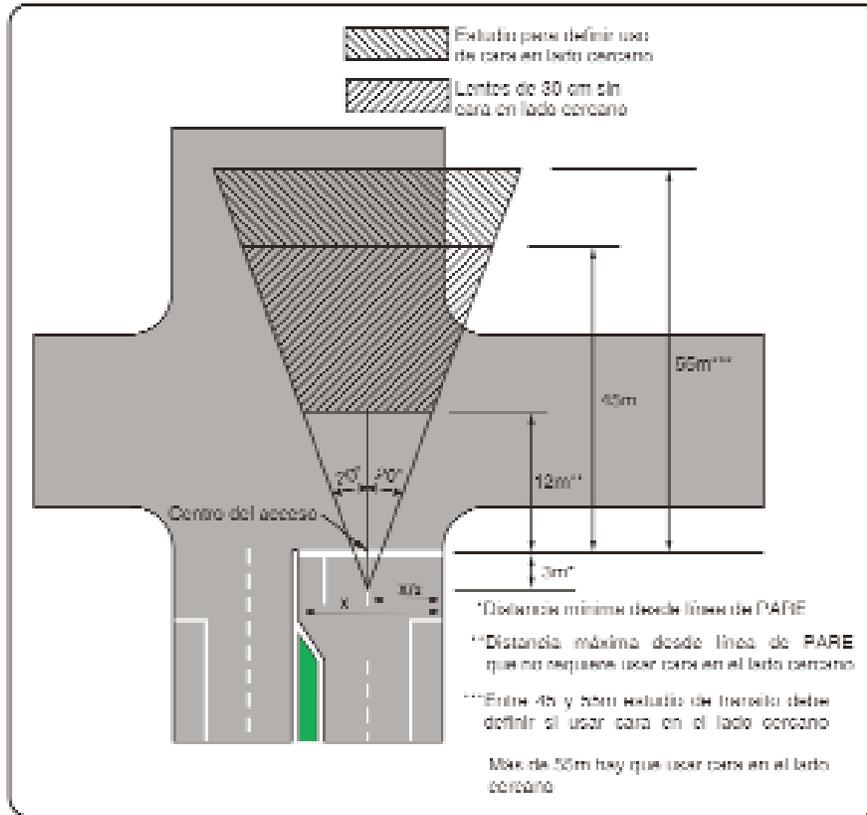


Figura 4.10. Ubicación longitudinal de la cara de un semáforo

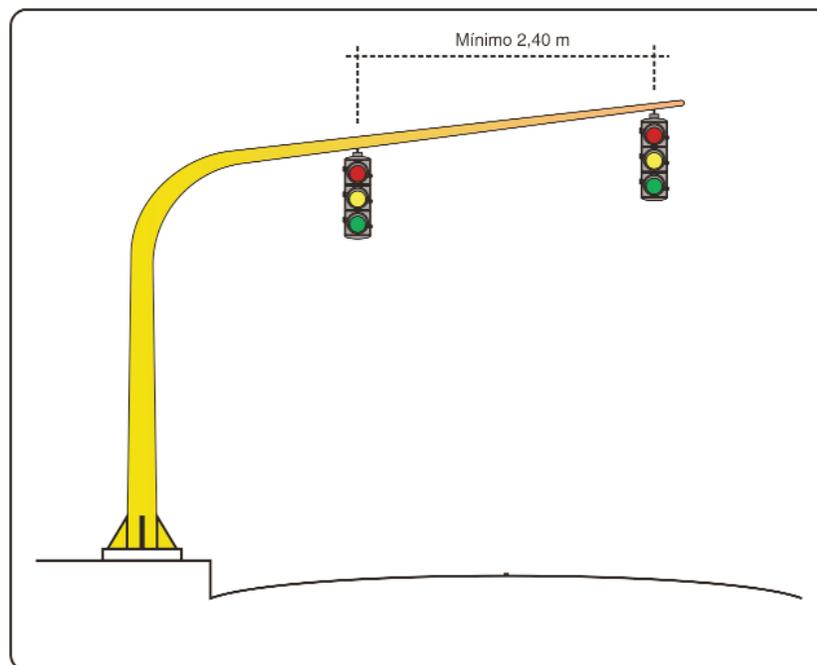


Figura 4.11. Separación de caras de semáforos

G. Si se usan caras suplementarias, se aplicarán las siguientes limitaciones:

1. No se utilizarán caras con flechas para los giros a la izquierda en el lado cercano derecho de la intersección.
2. No se utilizarán caras con flechas para los giros a la derecha en el lado alejado izquierdo de la intersección. Una cara montada en el lado alejado izquierdo sobre la isla central se considerará como una cara en el lado alejado izquierdo de la intersección.

Las dos caras de semáforos requeridas para cada acceso deberán ser continuamente visibles al tránsito que se aproxima al semáforo, desde un punto al menos a la distancia mínima de visibilidad indicada en la Tabla 4.3, antes de la línea de PARE y medida desde ésta. Este rango de visibilidad continua deberá proporcionarse a menos que se impida por una obstrucción física o que exista otro semáforo en dicho rango.

Si la distancia mínima de visibilidad indicada en la Tabla 4.3 no se puede cumplir, se deberá instalar una señal de prevención (P4-1) para advertirle al tránsito que se aproxima de la presencia del semáforo.

**Tabla 4.3. Distancia de visibilidad mínima de caras de semáforos**

Percentil 85 de velocidad (km/h)	Distancia de visibilidad Mínima (m)	Percentil 85 de velocidad (km/h)	Distancia de visibilidad Mínima (m)
30	50	70	140
40	65	80	165
50	85	90	195
60	110	100	220

Si hay dos o más canales para los giros a la izquierda bajo el control en modo protegido para el giro, o si dichos giros son el movimiento principal en el acceso, se deben proporcionar dos caras para los giros.

Si hay dos o más canales para los giros a la derecha bajo control en modo protegido para el giro, o si dichos giros son el movimiento principal en el acceso, se deben proporcionar dos caras para los mismos.

Las caras que por condiciones especiales se deban colocar en el lado cercano de la intersección se deben ubicar lo más cerca posible de la línea de PARE.

Si una cara de semáforo controla a un canal o a canales específicos de un acceso, su ubicación la debe hacer fácilmente visible a los conductores que usan dichos canales.

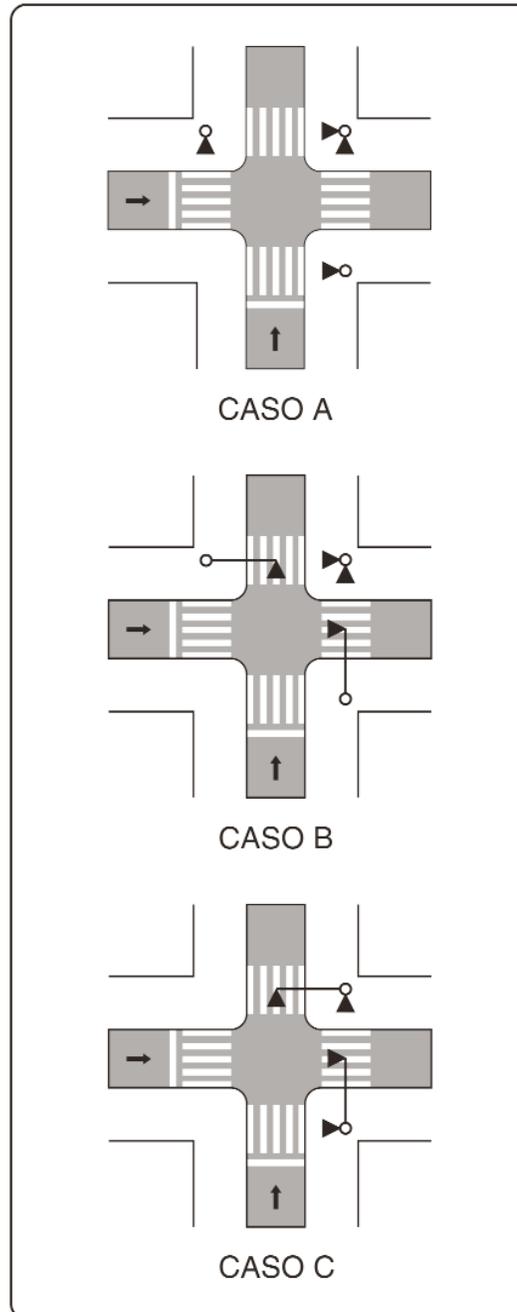
Las caras suplementarias se deben usar si un estudio de tránsito muestra que se necesitan para mejorar la visibilidad tanto a una distancia anterior como inmediatamente antes de la localidad con semáforos. Si se usan caras suplementarias, éstas deben ubicarse para proporcionar una óptima visibilidad al movimiento que controlan.

En cruces peatonales a mitad de cuadra, al menos una de las caras debe estar sobre la vía en cada acceso y deben respetar las distancias longitudinales indicadas anteriormente.

Si se instala una señal para advertirles a los conductores de la proximidad de un semáforo, se pueden usar opcionalmente semáforos especiales intermitentes para indicar peligro. Un semáforo

especial intermitente para indicar peligro utilizado de esta manera, puede interconectarse con el controlador de semáforos, de modo que pueda destellar en amarillo durante el período en el cual los conductores que se desplazan a la velocidad legal encontrarían la indicación del semáforo en rojo (o una cola producto del rojo) antes de llegar al sitio con semáforos.

Las Figuras 4.12 a la 4.19 muestran ejemplos de colocación de caras de semaforos en distintos tipos de intersecciones.



**Figura 4.12. Ubicación y número recomendables de caras en intersecciones de calles en un solo sentido**

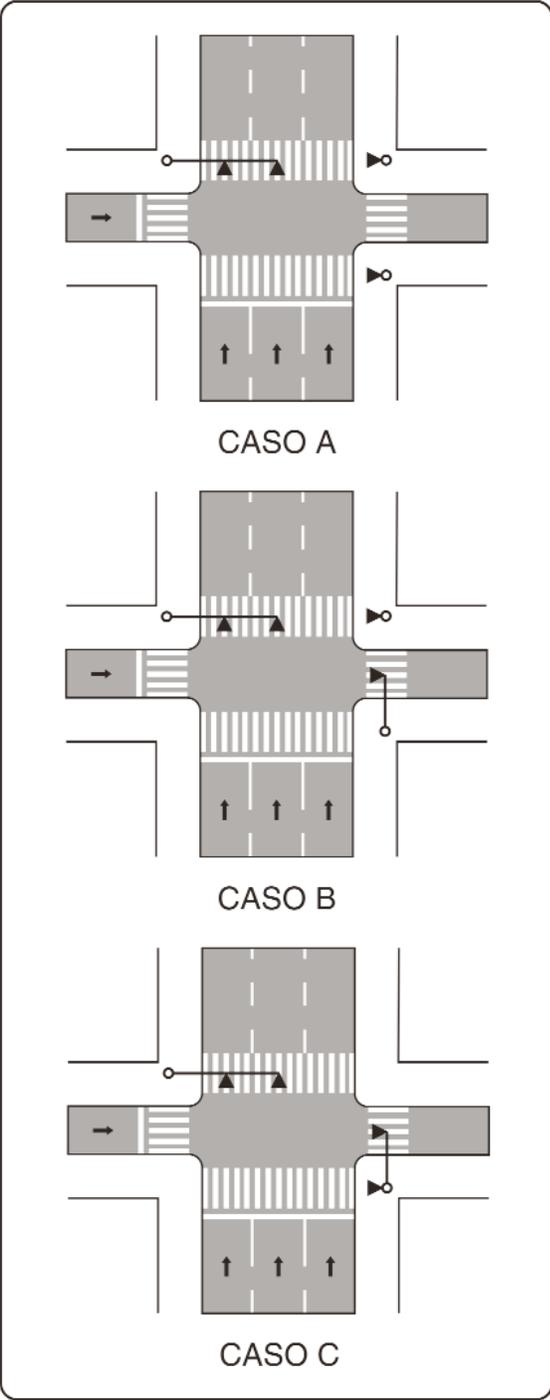
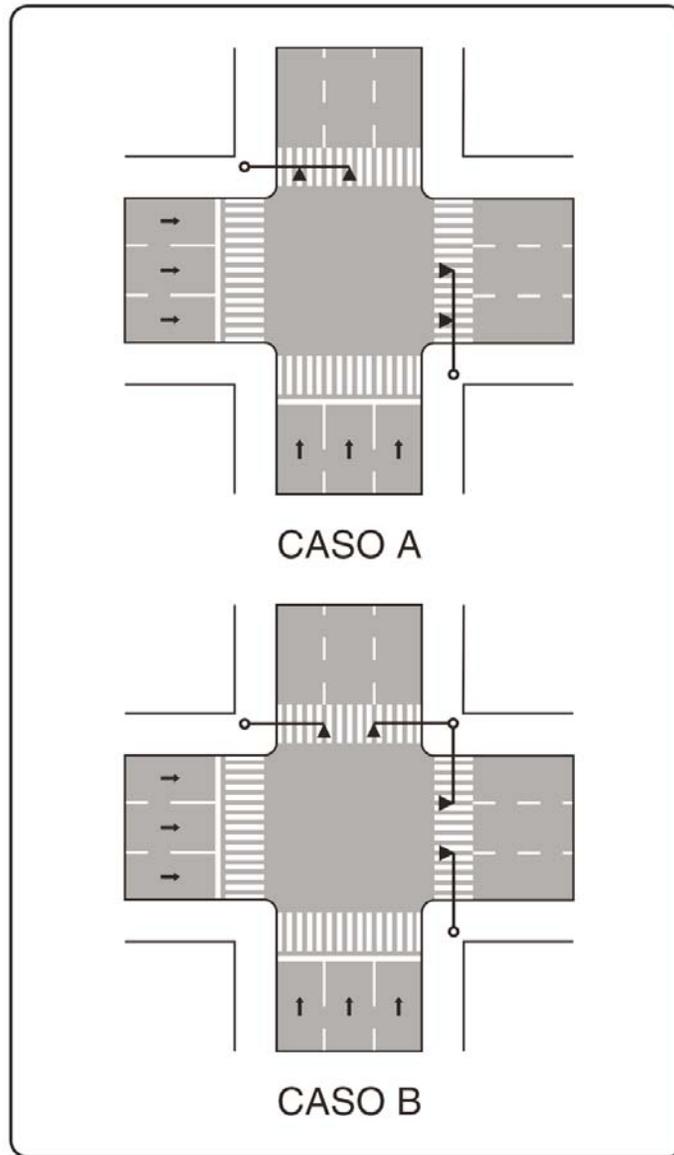


Figura 4.13. Ubicación y número recomendable de caras en intersecciones de una calle de un solo sentido con una calle de canales múltiples



**Figura 4.14. Ubicación y número recomendables de caras en intersecciones de calles de canales múltiples en un solo sentido**

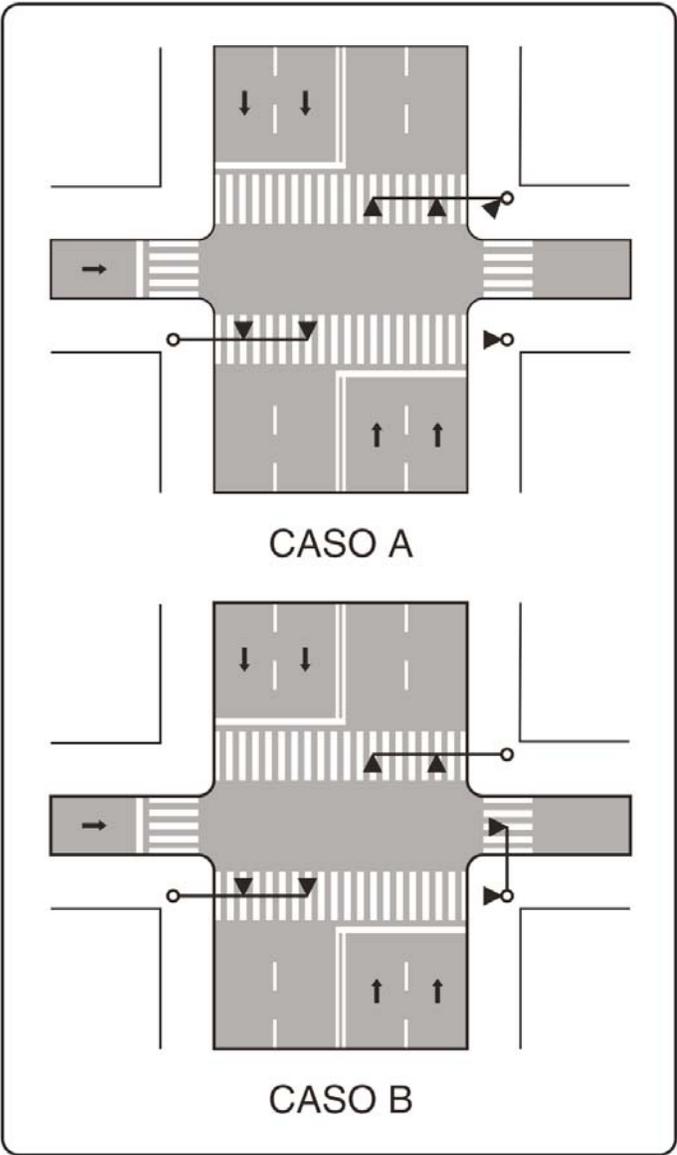
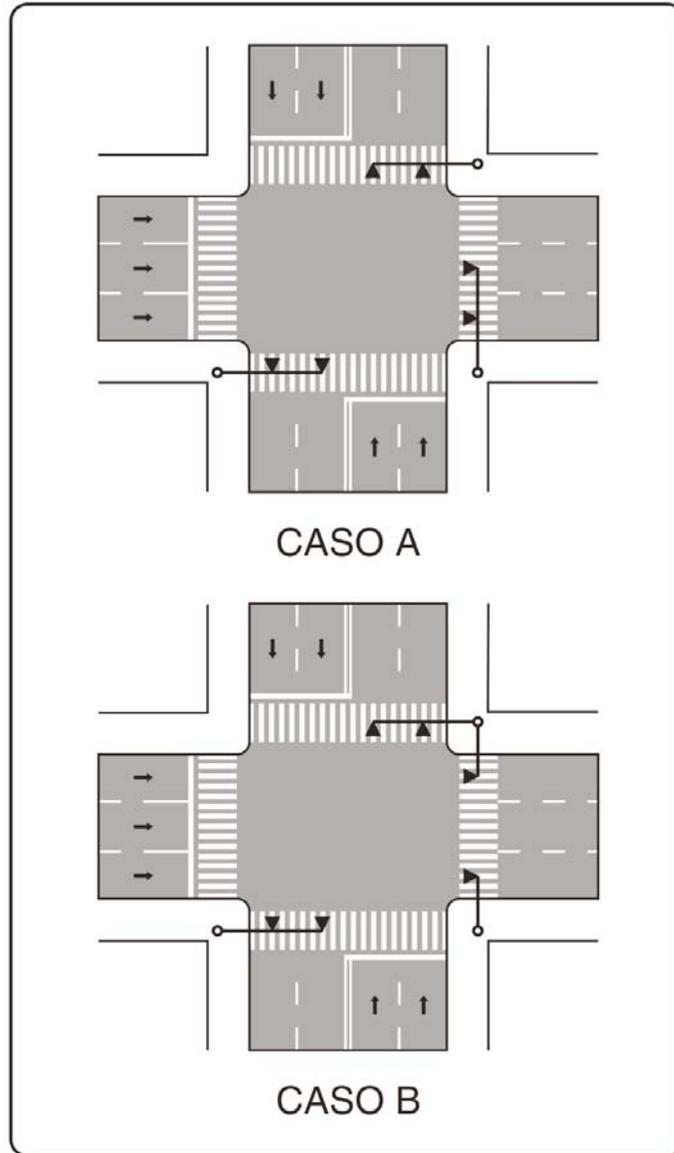
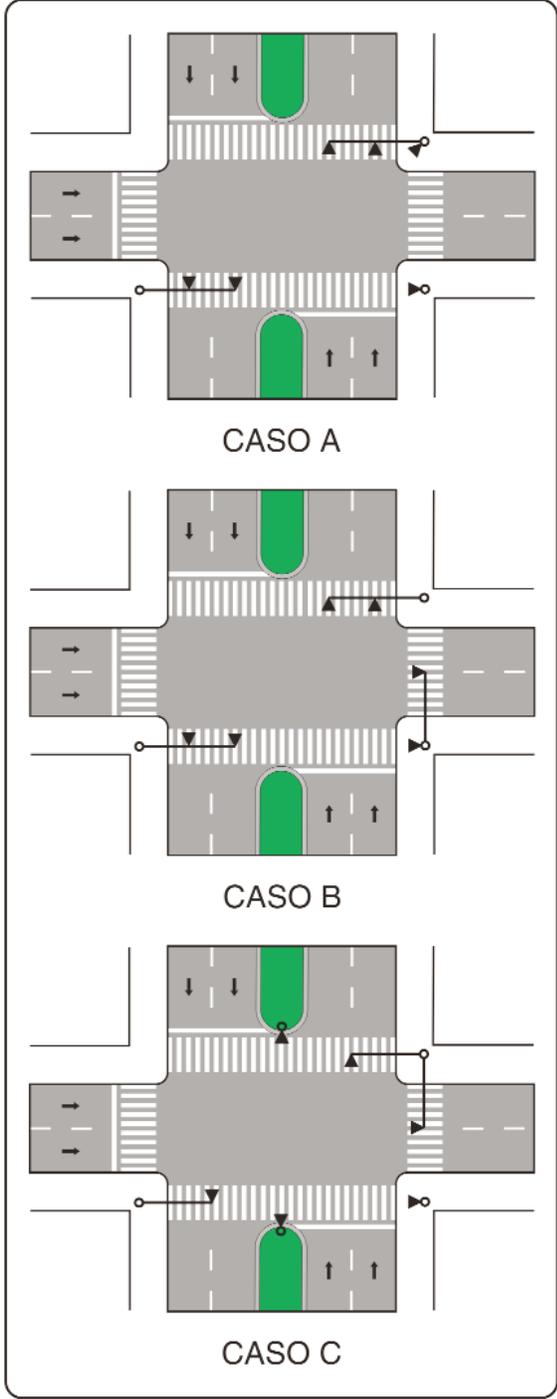


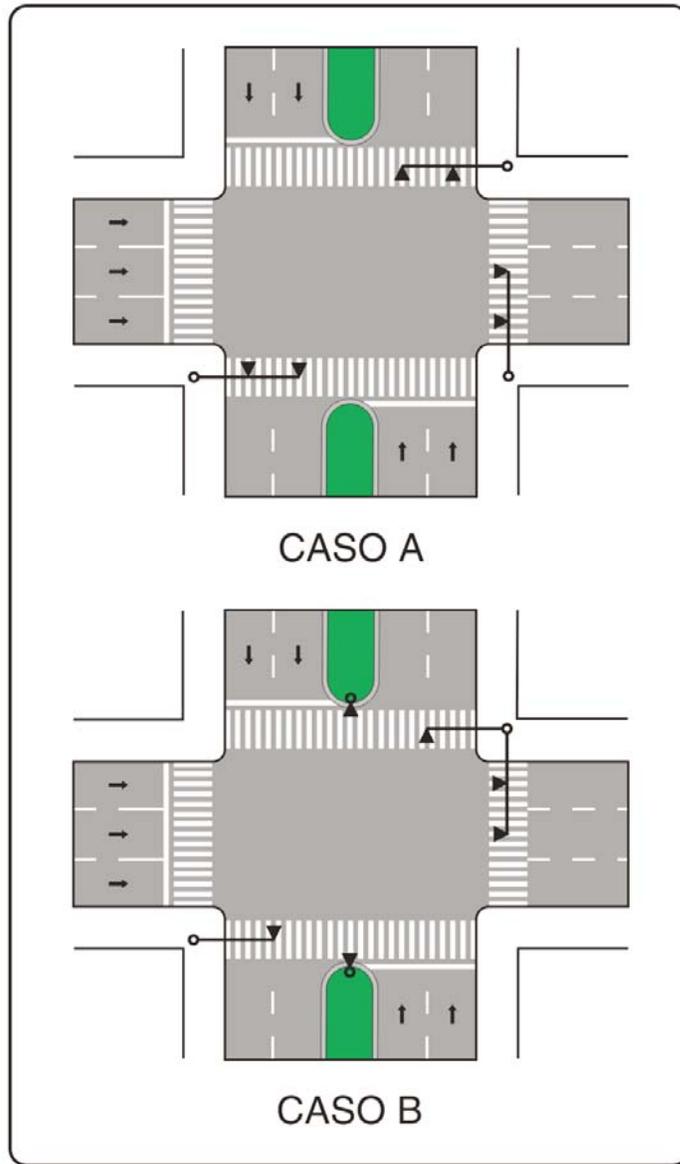
Figura 4.15. Ubicación y número recomendables de caras en intersecciones de una calle en un solo sentido con una vía rápida



**Figura 4.16. Ubicación y número recomendables de caras en intersecciones de una calle con múltiples canales en un solo sentido con una vía rápida**



**Figura 4.17. Ubicación y número recomendables de caras en intersecciones de una calle con dos canales en un solo sentido y una vía rápida con separador o isla central**



**Figura 4.18. Ubicación y número recomendables de caras en intersecciones de una calle con múltiples canales en un solo sentido y una vía rápida con separador o isla central**

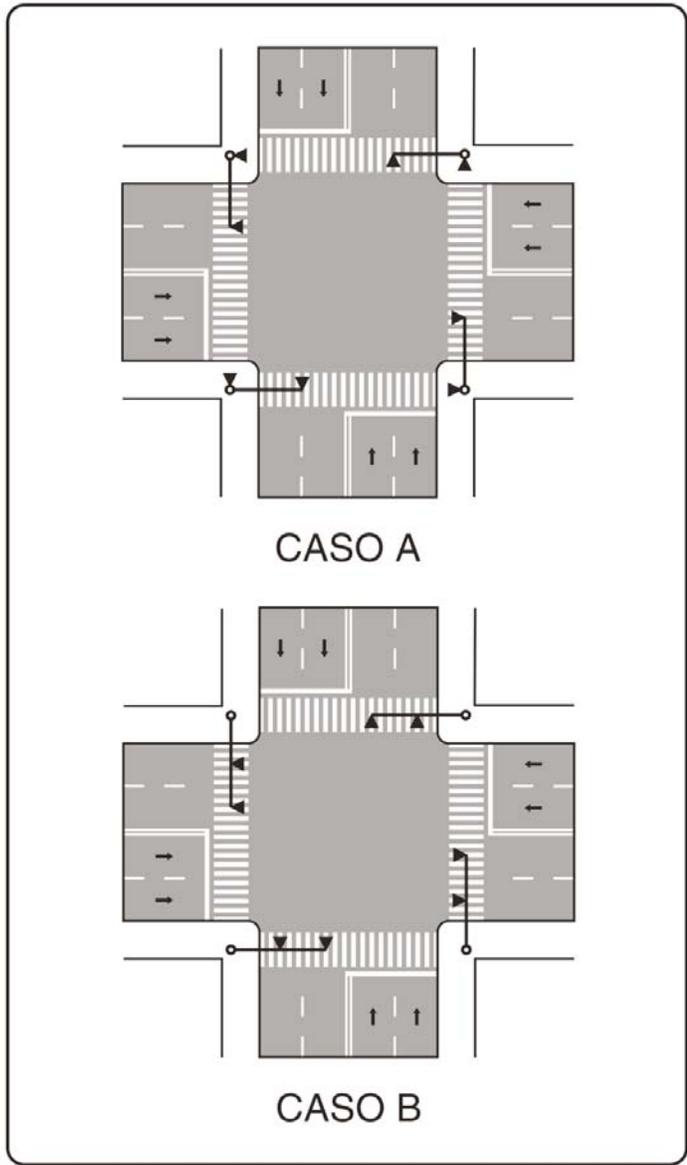


Figura 4.19. Ubicación y número recomendables de caras en intersecciones en calles de doble sentido

#### 4.2.6.3. Ubicación lateral del soporte

El semáforo con soporte tipo poste se ubicará a 0,60 metros medidos de la orilla exterior del brocal a su parte más saliente. Cuando no exista la acera, se ubicará de tal manera, que la proyección vertical de su parte más saliente coincida con el borde externo del hombrillo de la vía, fuera del hombrillo. Ver Figura 4.20.

El soporte de los semáforos con brazo o con cables deberá ubicarse a 0,60 metros medidos de la orilla externa del brocal a la base del soporte o a la proyección vertical de la parte más saliente del poste (Ver Figuras 4.21 y 4.22.). Cuando no exista la acera, se ubicará de tal manera, que la base coincida con el borde externo del hombrillo de la vía, fuera del hombrillo.

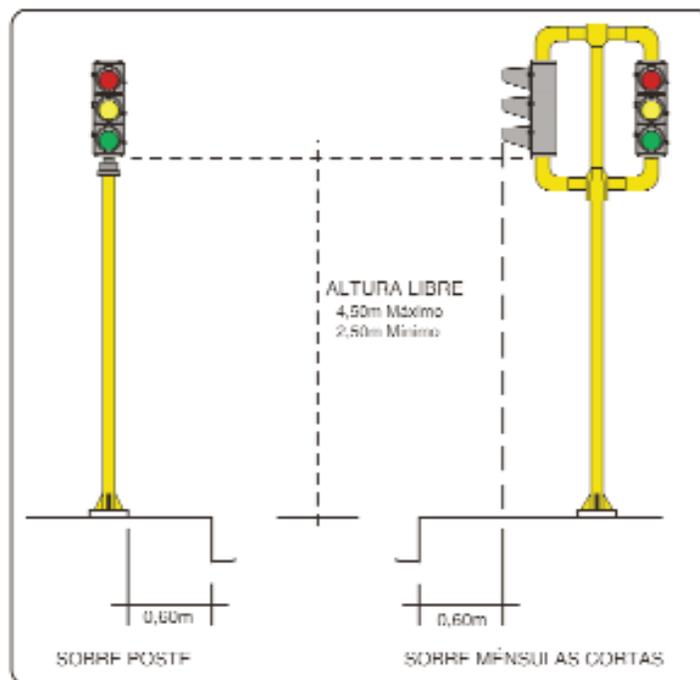
#### 4.2.6.4. Altura libre

Para un buen funcionamiento, la parte inferior de la cara de semáforo tendrá una altura libre de:

a) Para semáforos con soporte del tipo poste o brazo corto (Figura 4.20)

Altura mínima: 2,50 metros

Altura máxima: 4,50 metros



**Figura 4.20. Altura libre para soporte tipo poste y ubicación lateral**

b) Para semáforos con soporte del tipo ménsula o brazo largo (Figura 4.21)

Altura mínima: 4,50 metros

Altura máxima: 6,00 metros

c) Para semáforos suspendidos por cables (Figura 4.22)

Altura mínima: 5,50 metros  
Altura máxima: 6,00 metros

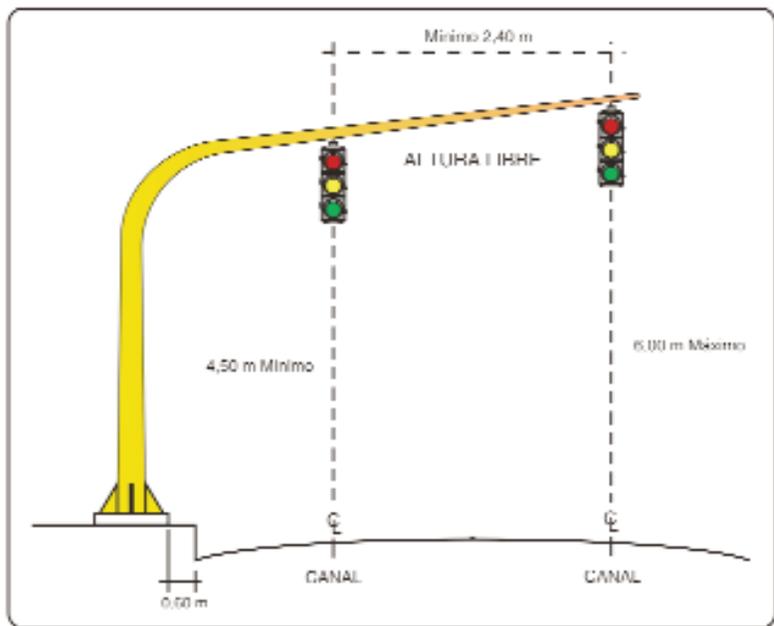


Figura 4.21. Altura libre para soporte tipo ménsula (alturas aplicables a ambas caras)

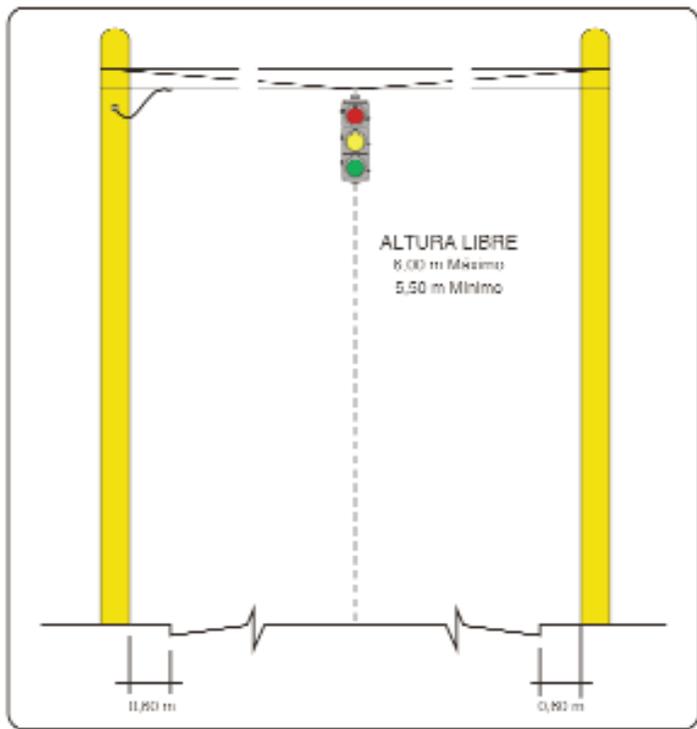


Figura 4.22. Altura libre para semáforos suspendidos por cables

#### **4.2.6.5. Ángulo de colocación**

La cara del semáforo instalada en soporte tipo poste debe colocarse en posición vertical con una orientación de menos de 6 grados hacia el centro de la vía con el fin de aumentar su visibilidad. En los de brazo, las caras deben estar de frente a la vía y con una inclinación de 5 grados hacia abajo.

### **4.2.7. LENTES**

#### **4.2.7.1 Forma**

Todas las lentes de los semáforos para control vehicular deberán ser de forma circular, excepto las lentes de las caras de los semáforos especiales que controlan el uso de los canales, que deben ser rectangulares.

#### **4.2.7.2. Dimensiones**

Todas las lentes de caras vehiculares serán de 30 cm.

#### **4.2.7.3. Visibilidad, ocultamiento y posición de las caras de los semáforos**

La principal consideración para colocar, apuntar y ajustar una cara de semáforo debe ser optimizar la visibilidad de las indicaciones al tránsito que se aproxima. Los conductores que se aproximan a una intersección con semáforos o a otro sector con semáforos, como un cruce peatonal a mitad de cuadra, deben tener una indicación clara e inequívoca de su derecho de paso.

Se debe considerar la geometría de cada intersección a semaforizar, incluyendo el alineamiento vertical y horizontal, las obstrucciones y los ángulos laterales y verticales de visibilidad hacia la cara del semáforo, dependiendo de la posición típica de visión de los conductores, para determinar la ubicación vertical, longitudinal y lateral de una cara de semáforo.

En los casos en que exista un diseño irregular de las calles que requiera la colocación de caras de semáforo para los distintos accesos con ángulos comparativamente pequeños entre las caras, cada lente de semáforo deberá, dentro lo prácticamente posible, estar oculto mediante visores u otros medios para que el conductor pueda ver solamente las lentes que controlan los movimientos de su acceso.

No se deben usar visores de más de 30 cm de largo en semáforos colgantes. Los visores se deben utilizar para ayudar a dirigir la indicación del semáforo específicamente al tránsito que se aproxima, así como para reducir el efecto fantasma del reflejo solar como resultado del ingreso de luz exterior a la lente.

El uso de una placa de contraste para mejorar la visibilidad de la cara debería considerarse en aquellos casos de caras que sean colocadas contra cielos brillantes o a contraluz o en lugares con fondos confusos. El uso de placas de contraste mejora la visual de las indicaciones del semáforo y su entorno, tanto de día como de noche, lo que ayuda a los conductores de mayor edad.

Se pueden usar caras especiales de visibilidad limitada de manera que los conductores no vean las indicaciones de los semáforos destinadas a los otros accesos antes de visualizar las indicaciones de los semáforos de su propio acceso, sobre todo si la visibilidad de ambas indicaciones puede causar confusión en los conductores.

Si la distancia de visibilidad a las caras de los semáforos está limitada por el alineamiento vertical u horizontal, se pueden usar caras suplementarias orientadas a un punto en el acceso en donde las indicaciones de los semáforos se puedan visualizar por primera vez.

Los brazos de los soportes de los semáforos sólo podrán tener señales de reglamentación relacionadas con los movimientos prohibidos o permitidos en la intersección y/o señales informativas de nomenclatura de calles.

Debe prohibirse la colocación de cualquier señal, demarcación o dispositivo que interfiera con la efectividad de un semáforo.

#### **4.2.7.4. Diseño, iluminación, y color de las secciones de los semáforos**

Cada indicación del semáforo, excepto las destinadas a los peatones o al control de uso de canales, tendrá forma circular o una flecha.

No se deben mostrar ni letras ni números como parte de una indicación del semáforo.

Cada indicación del semáforo debe estar iluminada independientemente. Esto es esencial para obtener uniformidad en la posición de las lentes, para darles satisfactoria brillantez y para proporcionar la flexibilidad necesaria en las indicaciones requeridas.

Cada indicación circular debe emitir un solo color: rojo, amarillo o verde.

Cada indicación con flecha debe emitir un solo color: rojo, amarillo o verde.

La flecha, que sólo debe indicar un sentido, deberá ser la única porción iluminada de la sección con indicación de flecha.

### **4.3. SEMÁFOROS PARA PASOS PEATONALES**

#### **4.3.1. ASPECTOS GENERALES**

Los semáforos peatonales proporcionan unos tipos especiales de indicaciones exclusivamente para controlar el tránsito de peatones en intersecciones o en cruces peatonales a mitad de cuadra. Estas indicaciones consisten de símbolos iluminados de una PERSONA EN MOVIMIENTO (representando PASE) o de una MANO LEVANTADA (representando ALTO).

Se debe realizar un estudio de ingeniería de tránsito para determinar la colocación de semáforos separados para los peatones y de semáforos para personas con discapacidad.

#### **4.3.2. REQUISITOS Y CONSIDERACIONES QUE JUSTIFICAN LA INSTALACIÓN DE SEMÁFOROS PEATONALES**

Los semáforos peatonales se deberán utilizar en combinación con caras vehiculares bajo cualquiera de las siguientes condiciones:

- a) Si se justifica la colocación de un semáforo por el Requisito 4 - Volumen peatonal o por el Requisito 5 - Cruce en escuelas. (secciones 4.2.3.4 y 4.2.3.5)

- b) Si se proporciona una fase exclusiva para el movimiento de los peatones en uno o más sentidos, con el resto del tránsito en conflicto detenido.
- c) En un cruce de escolares establecido en cualquier sitio con semáforos.
- d) Donde un estudio de ingeniería de tránsito determine que esquemas complejos de múltiples fases (por ejemplo fases divididas) podrían causar confusión o producir conflictos con los peatones que usen el paso peatonal orientándose con las caras vehiculares.

Los semáforos peatonales se podrán utilizar bajo cualquiera de las siguientes condiciones:

- a) Si es necesario asistir a los peatones a realizar un cruce razonablemente seguro o si un estudio de ingeniería de tránsito determina que se justifican caras para los peatones para minimizar los conflictos entre vehículos y peatones.
- b) Si a los peatones les es permitido cruzar una parte de la vía, como hacia una isla central de ancho suficiente o desde ella, durante un cierto intervalo pero no se les permite cruzar el resto de la vía durante cualquier parte del mismo intervalo, o
- c) Si ninguna indicación vehicular es visible a los peatones, o si las indicaciones a los vehículos que son visibles a los peatones que inician un cruce o lo continúan no proporcionan suficiente orientación para que los peatones decidan cuando resulta razonablemente seguro cruzar, como en el caso de calles de un solo sentido, en intersecciones en T o en semáforos con múltiples fases.

### 4.3.3. SIGNIFICADO DE LAS INDICACIONES DE LOS SEMÁFOROS PEATONALES

Las indicaciones de los semáforos peatonales tendrán el siguiente significado:

- Una PERSONA CAMINANDO (representando PASE) fija indica que un peatón enfrente de dicha indicación puede iniciar el cruce de la vía en el sentido hacia la indicación, posiblemente en conflicto con vehículos que giran. Los peatones deberán dejar que los vehículos que legalmente se encuentren en la intersección terminen de despejar la misma cuando se inicie y también la indicación de PERSONA CAMINANDO (representando PASE).
- Una MANO LEVANTADA (representando ALTO) intermitente indica que un peatón no debe iniciar el cruce en el sentido hacia la indicación, pero cualquier peatón que haya iniciado el cruce con la indicación fija de PERSONA CAMINANDO (representando PASE) puede completar el mismo.
- Una MANO LEVANTADA (representando ALTO) fija indica que un peatón no debe ingresar a cruzar en el sentido hacia la indicación.
- La indicación de PERSONA CAMINANDO (representando PASE) intermitente no tiene ningún significado y no se deberá utilizar.

Opcionalmente, se puede considerar la colocación de dispositivos especiales para los peatones invidentes que les indiquen que disponen de un cruce peatonal controlado con semáforo o temporizadores para indicarles a los peatones el tiempo que les queda para terminar de realizar el cruce.

### 4.3.4. CARAS

#### 4.3.4.1. Número

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

#### 4.3.4.2. Ubicación

Los semáforos para peatones se instalarán generalmente en la acera opuesta, con su parte inferior a no menos de 2 metros, 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 indicación. Las zonas destinadas para el paso de peatones deben proveer una rampa para ser utilizada por las personas con discapacidad, las cuales se desplazan utilizando sillas de ruedas u otros elementos.

Cada semáforo para peatones puede montarse separadamente o en mismo soporte de los semáforos para el control del tránsito de los vehículos, debiendo existir una separación física entre ellos. Las indicaciones de las caras peatonales deberían ser distinguidas y reconocidas por los peatones en todo el recorrido desde el comienzo del cruce peatonal hasta un punto a 3 m antes del fin del paso peatonal controlado, tanto de día como de noche.

#### 4.3.4.3. Tamaño, diseño e iluminación de las indicaciones para los peatones

Cada cara de los semáforos para peatones llevará dos lentes con los símbolos de MANO LEVANTADA (representando ALTO) y PERSONA CAMINANDO (representando PASE). Ver Figura 4.23.

La indicación de la MANO LEVANTADA (representando ALTO) deberá ser roja, con toda la sección a oscuras con un material opaco excepto el símbolo iluminado.

La indicación de la PERSONA CAMINANDO (representando PASE) deberá ser verde, con toda la sección a oscuras con un material opaco excepto el símbolo iluminado.

En cada semáforo peatonal el símbolo debe tener una altura de al menos 15 cm y una lente de 20 cm de altura. En cruces peatonales donde el peatón inicia el cruce a más de 30 m de la indicación de la cara peatonal, los símbolos deben tener un tamaño de al menos 23 cm de altura en una lente de 30 cm de altura.

La sección con la MANO LEVANTADA (representando ALTO) deberá estar montada arriba, o a la izquierda o estar integrada con la sección de la PERSONA CAMINANDO (representando PASE).

Cuando no se encuentren iluminados los símbolos de la PERSONA CAMINANDO (representando PASE) o de la MANO LEVANTADA (representando ALTO) no deberán ser fácilmente visibles a los peatones en el extremo del cruce que la cara peatonal controla.

La fuente de luz de una indicación intermitente de MANO LEVANTADA (representando ALTO) deberá destellar continuamente a una tasa no menor de 50 destellos por minuto ni mayor de 60 destellos por minuto. El período iluminado de cada destello no deberá ser menor de la mitad ni mayor que dos tercios del ciclo total de destello.

Todas las nuevas caras peatonales deberán ser rectangulares y mostrar estos símbolos, excepto los semáforos peatonales existentes con mensajes escritos, formas, símbolos y colores que no estén conformes con lo indicado en este manual, las cuales podrán mantenerse por el resto de su vida útil. Cada indicación de un semáforo peatonal deberá iluminarse independientemente y emitir un solo color.

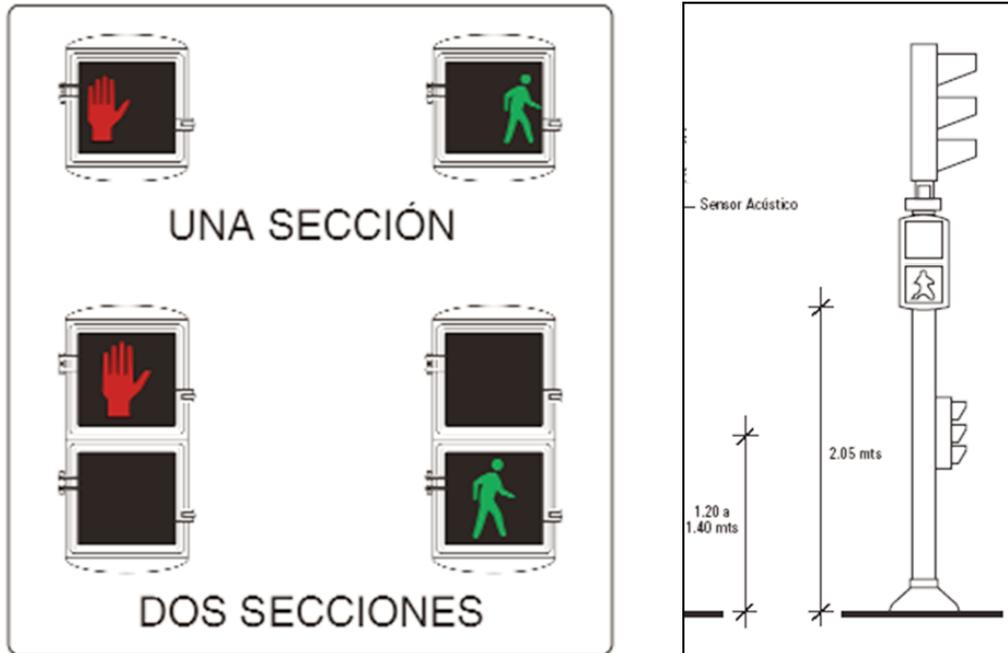


Figura 4.23. Ejemplo de caras peatonales

#### 4.3.5. FUNCIONAMIENTO

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

En el caso de que se cuente con un dispositivo o interruptor de cambio para peatones, este se colocará a una altura mayor de 1,20 m. Adicionalmente, los semáforos podrán tener sistemas especiales de señal sonora, y su localización se determinará mediante estudios particulares de zonas estratégicas de la ciudad.

### 4.4. SEMÁFOROS ESPECIALES

#### 4.4.1. CLASIFICACIÓN

Los semáforos especiales para el tránsito considerados en este manual son:

- Semáforos especiales intermitentes o de destello
- Semáforos especiales para regular el uso de canales
- Semáforos especiales para maniobras de vehículos de emergencia
- Semáforos especiales y barreras para indicar la aproximación de trenes (pasos a nivel)

#### 4.4.2. SEMÁFOROS ESPECIALES INTERMITENTES O DE DESTELLO

##### 4.4.2.1. Definición

Un semáforo especial intermitente o de destello es un tipo de semáforo con una o más secciones de color amarillo o rojo que opera en modo de intermitencia (con destellos intermitentes).

Este tipo de dispositivo se utilizan en lugares donde el tránsito o las condiciones físicas locales no justifican la operación de un semáforo para el control 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.

#### 4.4.2.2. Aplicación

Las caras de los semáforos especiales intermitentes deberán seguir lo señalado en relación con los semáforos para el control del tránsito de vehículos, excepto lo que se indique en esta sección. Los semáforos especiales intermitentes deben destellar a una tasa no menor a 50 ni mayor de 60 veces por minuto. El período de iluminación de cada destello no debe ser menor a la mitad ni mayor de las dos terceras partes de ciclo total de destello.

Si los semáforos especiales intermitentes se usan como complemento de una señal de reglamentación o de prevención, el borde de la cara del semáforo especial debe localizarse a una distancia no menor de 30 cm al borde más cercano de la señal.

#### 4.4.2.3. Función

Por la función que desempeñan, los semáforos especiales intermitentes, se clasifican como:

- a) Semáforos especiales intermitentes para indicar peligro
- b) Semáforos especiales intermitentes para regular la velocidad
- c) Semáforos especiales intermitentes para intersecciones
- d) Semáforos especiales intermitentes de PARE.

#### Semáforo especial intermitente para indicar peligro

Las aplicaciones de semáforos especiales intermitentes para indicar peligro se indican a continuación:

1. En obstrucciones en la calzada o inmediatamente adyacentes a ella
2. Para énfasis y complemento de señales de prevención y temporales de obra
3. Para énfasis en pasos peatonales a mitad de cuadra
4. En accesos a intersecciones donde se requiere de advertencia adicional, o donde existan condiciones especiales y
5. Para énfasis y complemento de señales de reglamentación, exceptuando las señales de PARE, CEDA EL PASO, PROHIBIDO SEGUIR DERECHO y de LÍMITE DE VELOCIDAD.

Un semáforo especial intermitente para indicar peligro consistirá de una cara estándar de semáforo con una o más secciones con una indicación de AMARILLO LLENO intermitente en cada sección.

Un semáforo especial intermitente para indicar peligro sólo se utilizará para complementar una determinada señal de reglamentación, de prevención, temporal de obras o delineadores. El semáforo especial intermitente para indicar peligro no será incluido dentro de la señal.

Los semáforos especiales intermitentes para indicar peligro, si se usan en intersecciones, no deben emplearse en accesos con movimientos en conflicto.

Si un semáforo especial intermitente para indicar peligro se coloca sobre la calzada, la altura libre de la cara sobre el pavimento será de al menos 4,50 m pero no más de 6,00 m.

La condición o regulación que justifique el semáforo especial intermitente para indicar peligro dictará primordialmente su ubicación con respecto a la calzada. Si una obstrucción está en la calzada o adyacente a ella se debe considerar, adicionalmente a la colocación del semáforo especial intermitente para indicar peligro, la iluminación de la parte inferior de la obstrucción o del inicio de la misma.

Los semáforos especiales intermitentes para indicar peligro deben operarse durante las horas donde ocurra la condición peligrosa o la regulación.

Si los semáforos especiales intermitentes para indicar peligro tienen más de una sección, las mismas pueden destellar en forma alternada o en forma simultánea. Un semáforo especial con AMARILLO LLENO intermitente interconectado a un controlador de semáforos puede utilizarse con una señal de proximidad de semáforo (P4-1).

### **Semáforo especial intermitente para regular la velocidad**

Un semáforo especial intermitente para regular la velocidad se deberá utilizar sólo como complemento de una señal de reglamentación de Límite de Velocidad (R3-6). Este semáforo especial consistirá de una cara estándar de semáforo con una o más secciones con una indicación de AMARILLO LLENO intermitente en cada sección. Si se usan dos lentes, las mismas deben alinearse verticalmente y destellar en forma alternada.

Un semáforo especial intermitente para regular la velocidad puede utilizarse con una señal fija o variable de Límite de Velocidad. Generalmente este tipo de semáforos se utiliza en zonas escolares y cuando está operando, señala que la velocidad marcada es la vigente.

### **Semáforos especiales intermitentes para intersecciones**

Un semáforo especial intermitente para intersecciones consistirá de una o más caras de semáforos orientadas a cada acceso de una intersección. Cada cara de semáforo consistirá de una o más secciones de una cara estándar de semáforo con una indicación de AMARILLO LLENO intermitente o ROJO LLENO intermitente. Sólo deben instalarse y utilizarse en una intersección para controlar a dos o más sentidos de circulación.

La aplicación de un semáforo especial intermitente para intersecciones deberá limitarse a lo siguiente:

- AMARILLO LLENO intermitente para una vía (normalmente la vía principal) y ROJO LLENO intermitente para los demás accesos; y
- ROJO LLENO intermitente para todos los accesos [si se justifica el requisito para colocar una señal de PARE (R1-1) en todos los accesos].

No se deben mostrar indicaciones de AMARILLO LLENO intermitente para accesos con movimientos en conflicto. Se debe utilizar una señal de PARE (R1-1) en los accesos que tendrán la indicación de ROJO LLENO intermitente.

Un semáforo especial intermitente para intersecciones debe estar sobre la calzada y no debe montarse sobre un poste, a menos que el mismo se encuentre dentro de una isla para canalizar el tránsito o de refugio para peatones.

Se pueden utilizar indicaciones complementarias en uno o más de los accesos para proporcionar una visibilidad adecuada al tránsito que se aproxima. Los semáforos especiales intermitentes para intersecciones se pueden utilizar en aquellas intersecciones donde las condiciones de tránsito o las condiciones físicas no justifican la utilización de semáforos convencionales, pero donde las tasas de accidentes indiquen una atención especial.

Un semáforo especial intermitente para intersecciones normalmente se coloca en el centro de una intersección; sin embargo, se puede colocar en otros sitios apropiados.

### **Semáforos especiales intermitentes de pare**

Un semáforo especial intermitente de PARE consistirá en una cara estándar de semáforo con una o más secciones mostrando un ROJO LLENO intermitente en cada sección. Si se utilizan dos lentes alineadas horizontalmente, las mismas deben destellar simultáneamente para evitar ser confundidas con los semáforos intermitentes de cruces ferroviarios a nivel. Si se utilizan dos lentes alineadas verticalmente, las mismas deben destellar alternadamente. La parte inferior de la cara del semáforo especial intermitente de PARE debe estar al menos a 30 cm y a no más de 60 cm del borde de una señal de PARE (R1-1).

## **4.4.3. SEMÁFOROS ESPECIALES PARA REGULAR EL USO DE CANALES**

### **4.4.3.1. Definición**

Los semáforos para regular el uso de canales son semáforos especiales colocados sobre la vía que permiten o prohíben el uso de determinados canales de una vía o que indican la inminente prohibición de su uso. Los semáforos para regular el uso de canales se distinguen por la colocación de caras especiales de semáforos sobre determinado(s) canal(es) de una vía y por su forma diferente y los símbolos que se utilizan. A veces se utilizan señales complementarias que explican este tipo de operación (R7-1).

### **4.4.3.2. Aplicación de semáforos para regular el uso de canales**

Los semáforos para regular el uso de canales son normalmente utilizados en el control de operación reversible de los canales, aunque también se usan en aplicaciones de canales no reversibles en autopistas.

Se debería realizar un estudio de tránsito para determinar si la operación de un canal reversible puede controlarse satisfactoriamente con señales fijas o si se requiere del empleo de semáforos especiales para regular el uso de canales. Se deben utilizar semáforos para regular el uso de canales si cualquiera de las siguientes condiciones está presente:

- a) Más de un canal se coloca reversible por sentido.
- b) Existen operaciones complejas o inusuales en la operación de canales reversibles.
- c) Se pueda demostrar que la experiencia de accidentes de tránsito durante la operación de canales reversibles con señales fijas puede corregirse mediante la utilización de semáforos

especiales para regular el uso de canales en aquellos períodos de transición entre los patrones del pico y fuera del pico.

- d) Un estudio de tránsito indique que se podría producir una operación más segura y eficiente del sistema de canales reversibles mediante el empleo de semáforos especiales para regular el uso de canales.

Los semáforos especiales para regular el uso de canales también se pueden utilizar en operación de canales reversibles en estaciones de peaje. También se pueden emplear aunque no se desee o se necesiten canales reversibles. Por ejemplo, en los siguientes casos:

- a) En una autopista, si se desea mantener el tránsito fuera de ciertos canales en determinadas horas para facilitar la convergencia del tránsito de una rampa o de otra autopista.
- b) En una autopista, cerca de su tramo final, para indicar un canal que termina.
- c) En una autopista, en un viaducto o en un túnel largo, para indicar que un canal puede estar temporalmente bloqueado por un accidente, un vehículo averiado o por actividades de mantenimiento.

#### 4.4.3.3. Significado de las indicaciones de los semáforos para regular el uso de canales

El significado de las indicaciones de los semáforos para regular el uso de canales es como sigue:

- Una indicación de FLECHA VERDE HACIA ABAJO fija, significa que un conductor puede utilizar el canal sobre el cual se ubica la cara con la indicación de FLECHA VERDE HACIA ABAJO.
- Una indicación de FLECHA VERDE HACIA ABAJO intermitente, significa que un conductor debe prepararse para abandonar, de manera razonablemente segura, el canal sobre el cual se encuentra la cara con esta indicación porque está a punto de aparecer la indicación de una X ROJA fija.
- Una indicación de X ROJA fija, significa que un conductor no puede utilizar el canal sobre el cual se encuentra la cara con esta indicación y que la misma, modificará correspondientemente el significado de todos los otros controles de tránsito presente. El conductor obedecerá todos los demás controles de tránsito existentes y seguirá las prácticas normales de conducción segura.

Se debe utilizar demarcación en el pavimento conjuntamente con semáforos para regular el uso de canales reversibles.

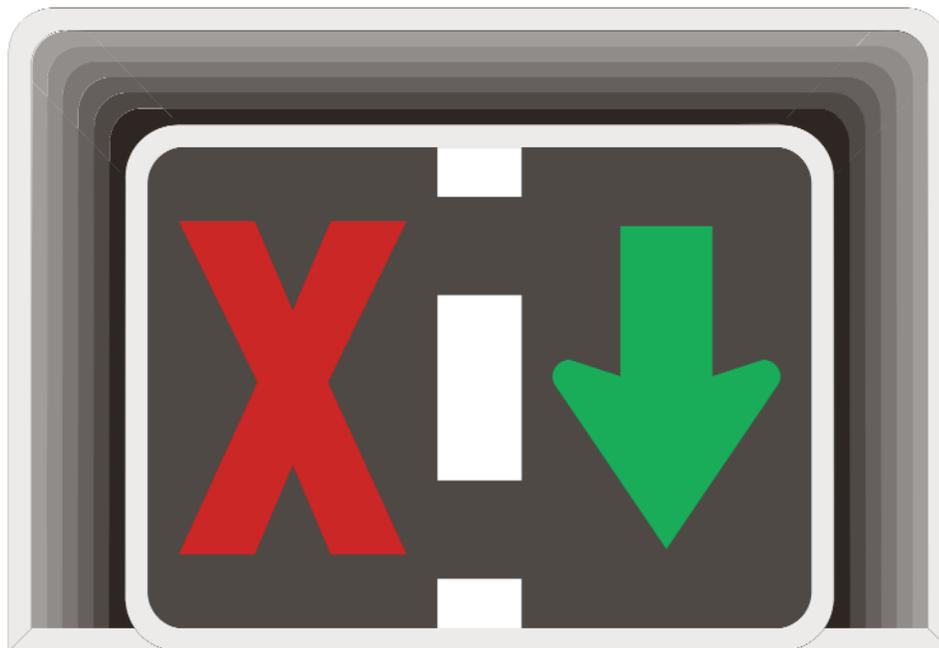
#### 4.4.3.4. Diseño de semáforos para regular el uso de canales

Todas las caras de los semáforos para regular el uso de canales deben ser cuadradas con fondo opaco. La altura y el ancho nominal mínimo de las caras con FLECHA VERDE HACIA ABAJO y X ROJA deben ser de 45 cm en autopistas y vías expresas (Ver Figura 4.24). En avenidas con poca contaminación visual y con velocidad del tránsito igual o menor a 70 km/h, se pueden utilizar caras de los semáforos para regular el uso de canales con una altura y ancho nominal de 30 cm tanto para las indicaciones de FLECHA VERDE HACIA ABAJO como de X ROJA.

Cada canal a ser colocado en sentido reversible o cerrado tendrá caras de semáforos con indicaciones de FLECHA VERDE HACIA ABAJO y X ROJA.

Cada canal no reversible inmediatamente adyacente al canal reversible tendrá caras de semáforo con indicaciones que muestren una FLECHA VERDE HACIA ABAJO al tránsito que se desplaza en

el sentido permitido y una X ROJA al tránsito que se desplaza en el sentido contrario, a menos de que exista un separador físico.



**Figura 4.24. Diseño de cara de semáforo de uso de canales**

Si se usan caras con varias secciones, la posición relativa de las indicaciones, de izquierda a derecha, deben ser X ROJA y FLECHA VERDE HACIA ABAJO.

El color de las indicaciones de los semáforos para regular el uso de canales debe ser claramente visible a 700 m, a cualquier hora bajo condiciones climáticas normales, a menos que sea obstaculizado físicamente.

Las caras de los semáforos para regular el uso de canales deberán ubicarse aproximadamente sobre el centro del canal que controlan. Si el tramo de vía a ser controlado tiene una longitud superior a 700 m o alineamientos horizontales o verticales en curva se deben colocar caras intermedias sobre cada canal controlado a intervalos frecuentes. Esta ubicación debe ser tal que los conductores puedan, en todo momento, ver al menos una indicación de un semáforo y preferiblemente dos a lo largo de la vía y tengan una clara indicación de los canales que han sido reservados específicamente para su uso.

Todas las caras de los semáforos para regular el uso de canales deberán estar ubicadas en línea recta y aproximadamente perpendicular al alineamiento longitudinal de la vía.

La parte inferior de las caras sobre cualquier canal que controlen debe estar al menos a 4,50 m y a no más de 6,00 m sobre la superficie del pavimento.

En vías que tengan intersecciones controladas por semáforos, las caras de los semáforos para regular el uso de canales deberán ubicarse bien mucho antes o mucho después de las caras de los semáforos en la intersección para evitar que se confundan con éstas.

Los canales no reversibles que no estén adyacentes al canal reversible de cualquier vía también pueden opcionalmente tener caras con indicaciones de FLECHA VERDE HACIA ABAJO al tránsito que se desplaza en el sentido permitido y una X ROJA para el tránsito que se desplaza en el sentido opuesto.

Las indicaciones de los semáforos para regular el uso de cada canal pueden estar en secciones separadas o en la misma sección de una cara.

#### **4.4.3.5. Operación de los semáforos para regular el uso de canales**

Todos los semáforos para regular el uso de canales deberán coordinarse, de manera que todas las indicaciones a lo largo del tramo controlado sean operadas en forma consistente y uniforme. El sistema de semáforos para regular el uso de canales debe diseñarse para evitar mostrar cualquier combinación prohibida de indicaciones al tránsito en cualquier punto de los canales controlados.

Para semáforos que controlen canales reversibles, las siguientes combinaciones de indicaciones no se deberán mostrar simultáneamente al mismo canal en ambos sentidos de circulación:

- a) FLECHA VERDE hacia abajo fija en ambos sentidos;
- b) FLECHA VERDE hacia abajo intermitente en ambos sentidos;
- c) FLECHA VERDE hacia abajo fija en un sentido y FLECHA VERDE hacia abajo intermitente en el otro sentido;

Una condición variable de operación puede terminarse mediante la aparición inmediata de una indicación de X ROJA fija o por una indicación de FLECHA VERDE hacia abajo intermitente seguida de una indicación de X ROJA fija. En cualquier caso, la duración de la transición a la condición variable de operación debe ser lo suficientemente larga para permitir el desalojamiento del canal antes de permitir cualquier uso del mismo por tránsito en el sentido opuesto.

El tipo de control proporcionado para la operación de canales reversibles debe ser tal que permita la operación automática o manual de los semáforos para regular el uso de canales. Si se utiliza un sistema de control automático deberá proporcionarse un sistema manual que lo pueda operar en sustitución.

Si se utilizan, los semáforos para regular el uso de canales deben operar continuamente, excepto los semáforos utilizados solamente para eventos especiales u otras condiciones infrecuentes. Los semáforos para regular el uso de canales de los otros canales no reversibles de una autopista deberán apagarse cuando no esté la operación reversible. Las señales de tránsito complementarias a estos semáforos para regular el uso de canales también deben indicar claramente el uso apropiado de los mismos.

El cambio de operación de la regulación a no operación ocurrirá solamente cuando los semáforos para regular el uso de canales muestren indicaciones que sean apropiadas para el uso de canal que aplica.

#### **4.4.4. SEMÁFOROS ESPECIALES PARA MANIOBRAS DE VEHICULOS DE EMERGENCIA**

Un semáforo para maniobras de vehículos de emergencia es un semáforo especial que asigna el derecho de paso a un vehículo de emergencia autorizado. Un semáforo para maniobras de

vehículos de emergencia puede instalarse en una localidad que no cumpla con otros requisitos para instalar semáforos y ésta puede ser una intersección, o bien otro sitio que permita el acceso directo desde una edificación donde se encuentre el vehículo de emergencia.

#### **4.4.4.1. Consideraciones para su instalación**

Se debería considerar instalar un semáforo para las maniobras de vehículos de emergencia si las brechas en el tránsito no son adecuadas para permitir el ingreso razonablemente seguro de los vehículos de emergencia o si la distancia de visibilidad de frenado para los vehículos que se aproximan en la vía principal no es suficiente para el ingreso razonablemente seguro de estos vehículos. Si alguno de los requisitos para instalar semáforos convencionales se cumple y un estudio de tránsito justifica su instalación, y si se toma la decisión de instalar el mismo, este dispositivo se deberá instalar de acuerdo a lo indicado en la sección 4.2.3.

La determinación de la distancia de visibilidad debería basarse en la localización de la visibilidad de la obstrucción para el canal de aproximación crítico de cada calle o acceso y con el límite de velocidad reglamentado o con el percentil-85 de la velocidad del tránsito en la vía principal, seleccionando la distancia que resulte más grande.

#### **4.4.4.2. Tamaño y ubicación de semáforos para maniobras de vehículos de emergencia**

Los semáforos para maniobras de vehículos de emergencia deben cumplir con lo indicado en este Manual, exceptuando lo que se indique en esta sección.

Se deberá colocar una señal de proximidad de estación de bomberos (P4-10) a una distancia antes de todos los semáforos para maniobras de vehículos de emergencia, indicando con una leyenda dicha distancia. Si se coloca un semáforo especial intermitente de peligro como complemento a la señal P4-10, su diseño y ubicación deben estar en acuerdo con lo indicado en la sección de semáforos especiales intermitentes.

Al menos una de las dos caras de semáforo requeridas en cada acceso de la vía principal deberá estar ubicada sobre la calzada. Las caras tendrán un tamaño de 30 cm.

En un acceso que sirva solamente a vehículos de emergencia se podrá colocar una sola cara de semáforos con una o más secciones en las mismas.

#### **4.4.4.3. Operación de semáforos para maniobras de vehículos de emergencia**

El derecho de paso para los vehículos de emergencia en sitios con semáforos que operan en modo fijo se regulará de acuerdo a lo especificado en la Sección 4.4.6. Las indicaciones de los semáforos, su secuencia y la manera de operar un semáforo para maniobras de vehículos de emergencia en un sitio a mitad de cuadra, será como se indica a continuación:

- a) La indicación del semáforo entre accionamientos por parte de vehículos de emergencia, deberá ser o VERDE LLENO fijo o AMARILLO LLENO intermitente. Si se utiliza la indicación de AMARILLO LLENO intermitente en vez de la indicación de VERDE LLENO fijo, el AMARILLO LLENO intermitente se mostrará en la posición normal de la indicación de VERDE LLENO fijo, mientras que las indicaciones de ROJO LLENO y AMARILLO LLENO fijo continuarán en sus mismas posiciones normales.

- b) Cuando ocurra un accionamiento por parte de un vehículo de emergencia, se mostrará un intervalo de cambio AMARILLO LLENO fijo seguido de un intervalo de ROJO LLENO fijo al tránsito de la vía principal.
- c) No se requiere un intervalo de cambio amarillo a continuación del intervalo de verde para el acceso de los vehículos de emergencia.

Los semáforos para maniobras de vehículos de emergencia ubicados en intersecciones deberán operarse en modo de intermitencia entre los accionamientos de los vehículos de emergencia o deberán ser completa o parcialmente accionados para acomodar la operación normal del tránsito vehicular y la de los peatones que utilizan las vías.

Si se utilizan semáforos especiales de indicación de peligro, en conjunto con semáforos para maniobras de vehículos de emergencia, deberán destellar sólo:

- Por un tiempo adecuado antes de y durante el intervalo de cambio amarillo de la vía principal; y
- Durante el intervalo rojo de la vía principal.

La duración del intervalo rojo para el tránsito de la vía principal deberá determinarse mediante estudios realizados en el sitio pero no debería exceder de 1,5 veces el tiempo requerido para que el vehículo de emergencia despeje su trayectoria en conflicto con el tránsito.

La secuencia de un semáforo para maniobras de vehículos de emergencia puede iniciarse manualmente desde un punto de control local como un cuartel de bomberos o de policía o desde un vehículo de emergencia equipado para operar remotamente el semáforo.

#### **4.4.5. SEMÁFOROS ESPECIALES Y BARRERAS PARA INDICAR LA APROXIMACIÓN DE TRENES (PASOS A NIVEL)**

Lo referente a semaforización especial para cruces ferroviarios a nivel y el uso de estos con o sin barreras se detalla en el Capítulo 9 Dispositivos Ferroviarios, de este Manual.

#### **4.4.6. CONTROL POR PRIORIDAD DE LOS SEMÁFOROS**

Los semáforos pueden diseñarse y operarse mediante la alteración de los planes normales de tiempos en respuesta a la aproximación y paso de ciertos tipos de vehículos. Los planes de tiempo alternativos pueden ser tan sencillos como la extensión del verde mostrado o tan complejos como el reemplazo completo del plan de tiempos.

El control por prioridad preeminente se aplica típicamente a trenes, vehículos para emergencias y metros ligeros. Algunos ejemplos del control por prioridad incluyen lo siguiente:

- a) La pronta aparición de una indicación de verde en localidades con semáforos adelante de vehículos de bomberos, patrullas policiales, ambulancias y otros vehículos oficiales para emergencias.
- b) Una secuencia especial de fases y tiempos de los semáforos para proporcionar tiempos de despeje adicionales para que los vehículos puedan despejar las vías férreas antes del arribo de un tren.
- c) Una secuencia especial de fases para mostrar una indicación de rojo que prohíba movimientos de giro hacia las vías férreas durante la aproximación y el paso de un tren o de un vehículo de transporte público.

El control por prioridad no preeminente se aplica típicamente a ciertos vehículos que no son de emergencia tales como autobuses o metros ligeros. Algunos ejemplos del control por prioridad no preeminente incluyen lo siguiente:

- a) La aparición de un verde adelantado o de un verde extendido en una intersección para ayudar a que los vehículos de transporte público cumplan con sus horarios programados.
- b) Un sistema especial de fases para ayudar a que los vehículos de transporte público ingresen a la corriente de tránsito antes que el resto del tránsito.

Algunos tipos de vehículos tienen mayor prioridad que otros cuando el semáforo responde a más de una categoría o tipo de vehículo. Por lo general, el vehículo que es más difícil de controlar tiene mayor prioridad que el vehículo que es más fácil de controlar. Típicamente el orden de prioridad es: tren, vehículo pesado (bomberos, ambulancias), vehículo liviano (patrullas de policía), metro ligero y autobuses.

Durante la transición al control por prioridad preeminente se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a) El intervalo de cambio amarillo y cualquier intervalo de despeje rojo, que venga a continuación, no deben acortarse.
- b) Se puede permitir acortar o eliminar cualquier intervalo de PASE o de despeje para los peatones.
- c) El regreso a la indicación de verde fijo anterior se deberá permitir después de una indicación de amarillo fijo en la misma cara del semáforo que otorga la prioridad, omitiendo el intervalo de despeje rojo, si lo hay.

Durante el control por prioridad preeminente y en la transición después del control por prioridad preeminente se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a) No se deberá permitir acortar u omitir cualquier intervalo de cambio amarillo e intervalo de despeje rojo, que venga a continuación.
- b) La secuencia de indicación amarillo fija a indicación verde fija no debe permitirse. Durante el control por prioridad no preeminente y en la transición hacia el control por prioridad preeminente y después del mismo se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:
  - a) No se permitirá acortar u omitir cualquier intervalo de cambio amarillo e intervalo de despeje rojo, que venga a continuación.
  - b) No se podrá acortar cualquier intervalo de PASE para los peatones más allá del valor indicado en la sección de semáforos para peatones.
  - c) No se permitirá la omisión de un intervalo de PASE para los peatones y su intervalo de despeje asociado, a menos que la fase vehicular asociada también se omita o que sea una fase exclusiva para peatones.
  - d) No se permitirá acortar u omitir cualquier intervalo de despeje para peatones.
  - e) No deberá permitirse la secuencia de indicación amarillo fija a la indicación verde fija.

Cuando un semáforo que regresa a operación fija después de un apagado (típicamente por una falla de eléctrica) recibe una solicitud de control por prioridad no preeminente o de control por prioridad preeminente se debe tener cuidado de minimizar la posibilidad de que peatones o vehículos sean puestos en conflicto con el vehículo que solicita prioridad.

En el caso de un semáforo instalado cerca o en un cruce ferroviario a nivel, o si el cruce ferroviario con controles activos de tránsito se encuentra en una intersección o cerca de ella, se debe consultar el Capítulo 9 de este Manual, relacionada con cruces ferroviarios a nivel.

Los semáforos operados bajo el control por prioridad (preeminente o no) deben operarse de forma tal que mantengan en movimiento al tránsito.

Los semáforos diseñados para responder al control por prioridad de más de un tipo de vehículo deben programarse para responder en el orden de la relativa importancia de los vehículos o de las dificultades para su detención.

En el cambio de un modo apagado a un modo de operación fija, bajo solicitud de prioridad de paso (preeminente o no), la aparición de indicaciones del semáforo que puedan confundir a los usuarios se puede prevenir con las siguientes acciones:

- Manteniendo el semáforo en modo apagado.
- Manteniendo el semáforo en modo de intermitencia.
- Modificando el modo de intermitencia.
- Ejecutando una rutina de inicio antes de responder y
- Respondiendo directamente al período inicial o de descanso (dwell)

Se puede proporcionar una indicación precisa en la intersección que muestre que a un vehículo de emergencias se le ha asignado el derecho de paso.