

ALGUNAS IDEAS SOBRE CIRCULACION URBANA

Por MIGUEL MARTINEZ CATENA, Ingeniero de Caminos.

Presenta el autor un estudio técnico sobre el problema de la circulación en las grandes ciudades, buscando la manera de conseguir un aumento en el rendimiento, en tráfico, de las vías existentes y proponiendo los procedimientos que a su juicio deben seguirse para conseguirlo.

Uno de los problemas que preocupan actualmente a las autoridades municipales de las poblaciones importantes del mundo entero, es el de la regulación del tráfico urbano.

El crecimiento, cada vez mayor, de este tráfico, debido al constante aumento del número de vehículos y a la superpoblación de las grandes ciudades, y por otra parte, el fenómeno que se observa en ellas de acumulación en la zona central de oficinas públicas, centros oficiales, grandes comercios, sedes de empresas y espectáculos públicos, hacen que se originen, a determinadas horas del día, congestiones en las calles principales de dicha zona central y de los accesos a ellas que, por producir molestias y perjuicios indudables al vecindario, los Municipios están obligados a tomar muy en consideración, estudiando detenidamente el problema para encontrarle solución satisfactoria.

Aunque, según las características de las diversas ciudades, el problema debe enfocarse desde distintos puntos de vista y las soluciones son diferentes, existe, sin embargo, teóricamente, una común que salta inmediatamente a la vista: la reforma interior de la ciudad, en el sentido de construir grandes vías que satisfagan plenamente las exigencias, no sólo actuales, sino también las futuras previsibles, del tráfico urbano.

Pero esta solución, en la práctica, es de ejecución muy lenta, extraordinariamente costosa y, además, en la actualidad, inoportuna, pues con ella se agravaría de un modo considerable el problema existente de la escasez de viviendas. Por tanto, hay que buscar otra de aplicación más rápida, menos onerosa, que no implique variación de la topografía interior de la población y resuelva con la máxima eficacia el problema planteado.

Esta solución se reduce, en esencia, a conseguir un aumento, lo mayor posible, del rendimiento en tráfico de las vías existentes.

Vamos a estudiar los factores que en él intervienen y su influencia, deduciendo como consecuencia las medidas más convenientes que se deben tomar para lograr dicho aumento de rendimiento en tráfico.

Estos factores son, fundamentalmente: el número de vías disponibles para el tráfico, la velocidad de los vehículos en circulación y las paradas accidentales o reglamentarias de los mismos.

Número de vías de las calles.

Es evidente que, a igualdad de las demás circunstancias, cuanto mayor sea el número de vías operantes de una calle, mayor será también su capacidad de tráfico. Por consiguiente, para una calle determinada se puede aumentar su rendimiento en tráfico incrementando el número de las vías operantes, lo que se puede lograr con los medios siguientes:

Prohibiendo el aparcamiento de vehículos en ella, para habilitar como vías operantes las destinadas a aquel fin, y estableciendo, en sustitución, parques con ese objeto, situados bajo la misma calle, si es posible, construirlos en subterráneo, o en lugares adyacentes que dispongan de fácil y rápido acceso.

Y suprimiendo los obstáculos centrales (farolas, andenes para peatones, etc.), bien con el fin de ganar espacio para otra vía o con el objeto de aumentar el ancho de las existentes, obteniendo una circulación más rápida y segura.

Velocidad de los vehículos.

Supongamos una calle por una de cuyas vías circula una serie de vehículos de iguales características. Sea V la velocidad a qué marchan; L , su longitud, y d , la distancia entre ellos.

Llamaremos intensidad de circulación en un punto, I , al número de vehículos que pasan por él en la unidad de tiempo:

$$I = \frac{V}{L + d}$$

Si al frenar el primer vehículo por la presencia de un obstáculo se pudiese conseguir que todos los demás frenasen al mismo tiempo, la distancia, d , se podría reducir teóricamente a cero, pues por ser de iguales características todos los móviles, necesitarían el mismo espacio para detenerse y, por consiguiente, aun siendo nula dicha distancia, no llegaría a chocar ninguno con el de delante.

Pero como desde que un conductor observa que debe frenar hasta que hace actuar el freno transcurre un cierto tiempo, durante el cual recorre el vehículo un determinado espacio, cada uno de los móviles debe ir

separado del anterior una distancia, d , igual a dicho espacio, que es proporcional a la velocidad: $d = aV$. (El coeficiente a es el mismo de la fórmula de Lewis, que da la distancia necesaria para el frenado en función de la velocidad: $d_f = aV + bV^2$.)

Por tanto, la intensidad de tráfico en un punto será:

$$I = \frac{V}{L + aV} = \frac{l}{\frac{L}{V} + a},$$

que indica que dicha intensidad aumenta a medida que es mayor la velocidad de circulación.

Si los vehículos de la sucesión que se estudia tuviesen características diferentes (velocidad, eficacia del frenado, etc.), se desprende fácilmente que la distancia entre ellos tendría que ser mayor y la intensidad de circulación por un punto disminuiría.

En consecuencia, se deduce que se puede aumentar el rendimiento en tráfico de una calle determinada si, a igualdad de las demás circunstancias, se separan en vías diferentes las distintas clases de tráfico y se hace que, en cada una de ellas, la velocidad de circulación sea la máxima compatible con la seguridad, suprimiendo todos los obstáculos que puedan causar paradas o disminución de dicha velocidad.

Para dar efectividad a lo anterior, es necesario tomar las medidas siguientes:

1.^a Separación de los sentidos, en las calles de dos, bien mediante clavos de cabeza ancha, o mejor aún, mediante una línea de color amarillo-cromo, que es más visible aunque de conservación más constante y costosa.

2.^a Separación de las distintas vías mediante líneas blancas, y prohibición terminante, imponiendo sanciones a los contraventores, de que por las bandas de tráfico rápido circulen vehículos de marcha lenta (bicicletas, carros, camiones, gasógenos, etc.).

3.^a Cumplimiento inexcusable del artículo 21 del vigente Código de la Circulación, que obliga a marchar por la derecha, aun cuando el centro esté libre, y de los 25, 26, 27, 30 y 31, que establecen la forma de cambiar de sentido y dirección, de parar y de poner en marcha los vehículos y de efectuar los adelantamientos, castigando con la mayor severidad a los infractores.

4.^a Prohibición de utilizar en población, durante la noche, el alumbrado de carretera, excepto para pedir paso, y en los cruces, en sustitución de las señales acústicas, con el fin de evitar el deslumbramiento de los conductores de los otros vehículos.

5.^a Supresión de postes y otros obstáculos en el centro de las calles. Revisión de las islas para peatones que se juzgue indispensable mantener, adelgazándolas en su embocadura y marcando el embudo que producen. Protección de ellas con catafaros a su en-

trada, pero nunca con otros medios que puedan producir deslumbramiento de los conductores.

6.^a Prohibición de aparcamiento en las calles congestionadas, con lo que, además de disponer, como se ha dicho antes, de un mayor número de vías operantes, se evitarán los peligros y entorpecimientos originados por las maniobras inherentes a dichos aparcamientos. Establecimiento de parques de vehículos, bien bajo dichas calles en subterráneo, o en lugares adyacentes a las arterias principales, con fácil y rápido acceso a ellos.

7.^a En las zonas céntricas congestionadas, sustitución por líneas de autobuses o trolebuses de las de tranvías que, por desarrollarse por el centro de las calles, ocupan el espacio destinado al tráfico rápido.

Con ello se consigue, además, evitar los taponamientos producidos por los tranvías, quitar obstáculos del centro de las calles (postes y andenes para peatones) y suprimir las reducciones de velocidad prescritas por el Código de la Circulación, para los restantes vehículos, al aproximarse a las paradas de las citadas líneas de tranvías.

8.^a Prohibición, en su caso, del giro de los vehículos a la izquierda, salvo en las plazas en que, como es natural, se mantendrá el sentido de giro contrario a las agujas de un reloj. Con ello se logrará, a costa de pequeños aumentos de recorrido, disminuir notablemente las posibilidades de accidente (como término medio un 50 por 100), reducir al mínimo el número de cortes de las circulaciones rápidas que se desarrollan precisamente por las vías de la izquierda y una mayor utilización de las calles laterales de las grandes arterias, que de esta manera no estarán tan congestionadas.

9.^a Empleo inexcusable en los discos de señales luminosas de la señal de advertencia para detenerse (la mejor, la luz amarilla), con la duración suficiente para que puedan seguir, sin parar, los coches que se encuentren en marcha, a una distancia de los discos menor que la que se calcule como necesaria para que pueda detenerse un vehículo yendo a la máxima velocidad permitida. Señalización de esta distancia, por ejemplo, mediante franjas rojas y blancas, alternadas, inclinadas a 45°.

Obligación, por parte de los agentes, cuando la regulación del tráfico se haga por éstos, de tomar las debidas precauciones en ese mismo sentido, dejando transcurrir, desde que hacen la señal de alto para la circulación rodada de una calle hasta que abren el paso de la normal a ella y del de peatones que cruzan la primera, el tiempo suficiente para que continúen sin parar los vehículos que se encuentren a una distancia de él menor que la anteriormente indicada.

Prohibición a los conductores de iniciar la marcha antes de que haya cesado la señal de advertencia y, por tanto, de que esté completamente abierta la señal de paso.

Prohibición a los peatones de iniciar el cruce antes de que haya cesado la señal de advertencia para detenerse los vehículos y después de que haya aparecido la de advertencia de parada de ellos.

10. Cumplimiento riguroso, por los peatones, de las instrucciones establecidas por el Código de la Circulación en sus artículos 67 y III para efectuar el cruce de calles (normalmente a su eje) y plazas (rodeándolas). Colocación, en su caso, de cadenas a lo largo del bordillo, sobre todo en las plazas, para impedir las infracciones.

11. Prohibición a los peatones del cruce de las calles de circulación intensa, por otros lugares que por los fijados para este fin. Señalización de estos pasos e indicación de ellos a los conductores, por ejemplo, mediante las franjas blancas y rojas ya indicadas, colocadas antes de los citados cruces, en el sentido de la marcha de los vehículos. Colocación de cadenas en las aceras a ambos lados de los repetidos cruces con el fin de encauzar las corrientes de tráfico de peatones.

Número de paradas de los vehículos.

La influencia de este último factor en el rendimiento en tráfico de una calle, es también evidente. Cuanto menor sea el número de paradas y su duración, mayor será el rendimiento. Por tanto, se ha de procurar reducir al mínimo dicho número de paradas, haciéndolas, además, lo más cortas posibles, si se quiere conseguir un aumento de la capacidad de tráfico de una calle dada. Veamos los procedimientos que tenemos para ello.

Las paradas que efectúa un vehículo que marcha por una calle, las podemos clasificar en accidentales, motivadas por un obstáculo que casualmente se pone delante, y reglamentarias, debidas a la ordenación del tráfico.

El procedimiento para suprimir las primeras es, naturalmente, evitar la presencia del obstáculo que las pueda motivar, y los medios para conseguirlo son los mismos que se han citado anteriormente al tratar de

la velocidad de los vehículos, pues los obstáculos que obligan a una reducción de la velocidad, en determinadas circunstancias, pueden ser causa de una parada accidental.

Las segundas, o reglamentarias, son indispensables, al regular la circulación de las calles de tráfico intenso, para permitir el cruce de éstas por los peatones y por los vehículos que proceden de las calles afluentes. Por tanto, al no poder evitarlas, lo único que se puede hacer es organizar las señales, de modo que las longitudes de dichas calles que pueden recorrer los vehículos sin encontrar ninguna de esas señales cerrada y la velocidad comercial de los mismos que resulta teniendo en cuenta estas paradas, sean lo mayor posible. Veamos el procedimiento para conseguirlo, deduciendo con ese fin las fórmulas que dan las citadas longitudes máximas y velocidad comercial.

Supongamos primeramente una calle de dirección única con una serie de señales 0, 1, 2, 3, ... n ... para la ordenación del tráfico que circula por ella (fig. 1^a).

Llamemos:

$l_1, l_2, l_3 \dots$, a la separación entre ellas.

$t_1, t_2, t_3 \dots$, a los tiempos que tarda en recorrer esas distancias un automóvil a la máxima velocidad permitida.

$$V = \frac{l_1}{t_1} = \frac{l_2}{t_2} = \frac{l_3}{t_3} = \dots \text{ a esta velocidad máxima.}$$

v_1 , a la velocidad comercial que resulta al tener en cuenta el tiempo perdido en las paradas reglamentarias.

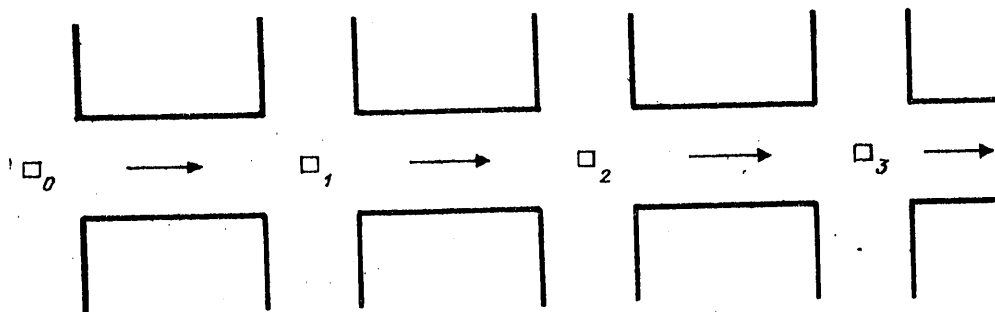


Figura 1^a.

$d_1, d_2, d_3 \dots$, los decalajes, en tiempo, de apertura o cierre entre dichas señales, que pueden ponerse bajo la forma $k t_1, k t_2, k t_3, \dots$, siendo k una constante que llamaremos coeficiente de decalaje, cuyo valor depende de las características de la calle que se estudia y de la organización del tráfico.

T , el tiempo que permanecen abiertas a la circulación.

t , el que permanecen cerradas, que puede hacerse igual a $h T$, siendo h un coeficiente cuyo valor depende de la intensidad de los tráficos afluentes.

El caso ideal sería que no hubiera vehículos parados ante ninguna de las señales 1, 2, 3, ..., pues entonces el automóvil que se pone en marcha en O llegaría, sin obstáculo alguno, a la señal 1, en el tiempo t_1 ; en ese momento se abriría dicha señal; al llegar a la 2, se abriría ésta, y así sucesivamente, con lo que se conseguiría que dicho automóvil recorriese, sin paradas, toda la calle, por mucha que fuera su longitud. Es decir, que para decalajes de apertura $d_n = t_n$, la máxima distancia que podría recorrer un vehículo sin tener que parar ante ninguna señal, sería $L = \infty$; y la velocidad comercial sería igual a la máxima autorizada.

Pero, como hemos dicho antes, ése es un caso ideal que no se puede presentar en la realidad. Lo normal es que, ante cada señal cerrada, haya un cierto número de vehículos detenidos que proceden de los tráficos afluentes y del que no ha tenido tiempo de pasar por aquella cuando está abierta. Por consiguiente, con el fin de que el automóvil que ha estado parado en O no encuentre obstáculos al avanzar, que le obliguen a volver a detenerse en seguida, será necesario ir abriendo las señales con la antelación precisa, para dar paso al tráfico que estaba retenido por ellas. Esta antelación

Y así sucesivamente, cuando se abra la señal n , los vehículos se encontrarán a una distancia de ella igual a $l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n - (d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n) V$.

Para que esta señal, n , sea la que se cierre al llegar a ella los vehículos, se tiene que verificar que la distancia a que éstos se encuentran de ella al abrirse sea igual al espacio que pueden recorrer, yendo a la velocidad de régimen, durante el tiempo que permanece abierta al tráfico, que hemos visto que es T . O sea que:

$$l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n - (d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n) V = V T.$$

Y haciendo:

$$l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n = L_1;$$

como:

$$\begin{aligned} d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n &= k t_1 + k t_2 + k t_3 + \dots + k t_n = \\ &= k \left(\frac{l_1}{V} + \frac{l_2}{V} + \dots + \frac{l_n}{V} \right) = \frac{k L_1}{V}, \end{aligned}$$

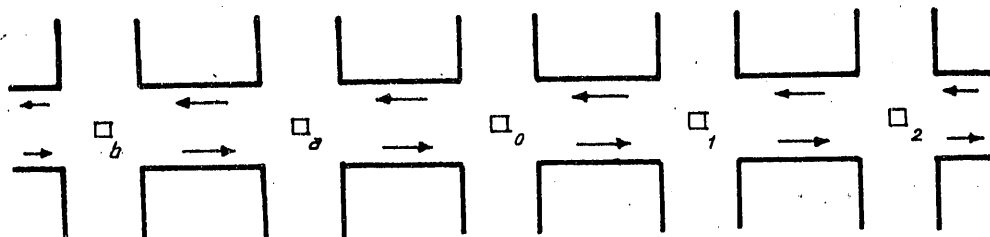


Figura 2.^a

tendrá que ser tanto mayor, y por consiguiente el decalaje de apertura, entre cada dos, tanto menor, cuanto mayor sea dicho tráfico retenido. Y al variar el decalaje, variará también la longitud de calle que puede recorrer el vehículo procedente de O, sin encontrar señales de parada, como asimismo su velocidad comercial. Vamos a hallar las fórmulas que unen esas variables.

Suponiendo que los vehículos marchen desde que se abre la señal 0 a la velocidad constante V , cuando se abra la señal 1, un tiempo d_1 después que la 0, habrán recorrido un espacio, $d_1 V$ y, por tanto, se encontrarán a una distancia de dicha señal 1 igual a $l_1 - d_1 V$.

Del mismo modo, al abrir la 2, un tiempo d_2 después de la 1, o sea $d_1 + d_2$ después de la 0, los vehículos se hallarán a una distancia de aquella $l_1 + l_2 - (d_1 + d_2) V$.

Cuando se abra la 3, $d_1 + d_2 + d_3$ tiempo después que la 0, estarán a una distancia de aquella $l_1 + l_2 + l_3 - (d_1 + d_2 + d_3) V$.

resulta:

$$\begin{aligned} L_1 - \frac{k L_1}{V} \times V &= V T; \\ L_1 &= \frac{V T}{1 - k}, \end{aligned} \quad [1]$$

que es la fórmula buscada para el caso de una calle de sentido único de circulación.

La velocidad comercial será entonces:

$$\begin{aligned} v_1 &= \frac{L_1}{\frac{T}{1 - k} + t} = \frac{V T}{\left(\frac{T}{1 - k} + h T \right) (1 - k)} = \\ &= \frac{V}{1 + h (1 - k)}. \end{aligned} \quad [2]$$

Veamos ahora cuáles son las fórmulas para el caso de una calle de doble sentido de circulación rodada.

Sea una de estas calles, que está representada en la figura 2.^a con una serie de señales:

... m ... b, a, 0, 1, 2, ... n ...

Llamemos, como antes:

$\dots l_{m-1}, \dots, l_b, l_a, l_0, l_1, l_2, \dots, l_n \dots$ a la separación entre ellas.

$\dots t_{m-1}, \dots, t_b, t_a, t_0, t_1, t_2, \dots, t_n \dots$ a los tiempos que tarda en recorrerlas un vehículo a la máxima velocidad permitida.

$$V = \frac{l_{m-1}}{t_{m-1}} = \frac{l_b}{t_b} = \frac{l_a}{t_a} = \frac{l_0}{t_0} = \frac{l_1}{t_1} = \frac{l_2}{t_2} = \dots = \frac{l_n}{t_n} \text{ a esta velocidad máxima.}$$

v_2 , a la velocidad comercial.

$\dots d_{m-1}, \dots, d_b, d_a, d_0, d_1, d_2, \dots, d_n \dots$ los decalajes, en tiempo, de apertura o cierre entre dichas señales que, como anteriormente, pueden ponerse bajo la forma

$$\dots k t_{m-1}, \dots, k t_b, k t_a, k t_0, k t_1, k t_2, \dots, k t_n,$$

en que k , coeficiente de decalaje, es también una constante cuyo valor dependerá de las características de la calle y de la organización del tráfico.

T , el tiempo que permanecen abiertas las señales a la circulación por la calle que se estudia.

t , el que permanecen cerradas, que puede hacerse igual a hT , en que h es un coeficiente cuyo valor depende de la intensidad de los tráficos afluentes.

Supongamos que los discos se abren y cierran escalonadamente de izquierda a derecha, con decalajes $d_{m-1}, \dots, d_a, d_0, d_1, d_2, \dots, d_n$. (Para el caso de apertura y cierre de derecha a izquierda, el razonamiento sería el mismo.)

Por un razonamiento idéntico al anteriormente expuesto, y si admitimos que la señal que se cierre al llegar a ella los vehículos que se dirigen hacia la derecha sea la n , situada a una distancia $L = l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n$ de la O , se deducirá que:

$$\left. \begin{aligned} L &= \frac{VT}{1-k} \\ v &= \frac{L}{\frac{T}{1-k} + t} = \frac{V}{1+h(1-k)} \end{aligned} \right\} \quad [3]$$

que son las fórmulas para el tráfico que tiene el mismo sentido que el de apertura y cierre de los discos.

Veamos cuáles son las correspondientes al tráfico de sentido opuesto. Al abrir la señal O , los vehículos que circulan hacia la izquierda avanzarán hacia la a , que se habrá abierto d_0 tiempo antes que aquella. Y

como en recorrer la distancia que las separa emplean un tiempo, t_0 , y todas las señales están abiertas al tráfico un tiempo, T , el que le resta de permanecer abierta a la a al llegar a ella los vehículos será $T - d_0 - t_0$.

Por la misma razón, al llegar los móviles a la señal b , le quedará a ésta un tiempo de seguir abierta:

$$T - (d_0 + d_a) - (t_0 + t_a).$$

Y en general, a la señal m , al llegar a ella los vehículos, le quedará un tiempo de permanecer abierta igual a:

$$T - (d_0 + d_a + \dots + d_{m-1}) - (t_0 + t_a + \dots + t_{m-1}).$$

Por tanto, para que esta señal, m , sea la que se cierre en ese momento de llegada de los vehículos, se tiene que verificar que:

$$T - (d_0 + d_a + \dots + d_{m-1}) - (t_0 + t_a + \dots + t_{m-1}) = 0$$

Y llamando L_l a la distancia entre las señales O y m

$$L_l = l_0 + l_a + \dots + l_{m-1},$$

como:

$$t_0 + t_a + \dots + t_{m-1} = \frac{l_0}{V} + \frac{l_a}{V} + \dots + \frac{l_{m-1}}{V} = \frac{L_l}{V}$$

y

$$d_0 + d_a + \dots + d_{m-1} = k t_0 + k t_a + \dots + k t_{m-1} = \frac{k L_l}{V},$$

resulta:

$$\left. \begin{aligned} T - \frac{k L_l}{V} - \frac{L_l}{V} &= 0; \\ L_l &= \frac{VT}{1+k} \\ v_l &= \frac{L_l}{\frac{T}{1+k} + t} = \frac{V}{1+h(1+k)} \end{aligned} \right\} \quad [4]$$

que son las fórmulas para el tráfico que circula en sentido contrario al de la apertura y cierre de los discos.

Para no dar preponderancia en estas calles de doble sentido a ninguno de los dos tráficos, se tiene que hacer que las longitudes máximas que en ambos sentidos puedan recorrer, sin paradas, los vehículos

que salen de 0, y por tanto sus velocidades comerciales, sean iguales. Es decir, que:

$$L = L_i.$$

Luego, sustituyendo L y L_i por sus valores [3] y [4], resulta:

$$\frac{TV}{1-k} = \frac{TV}{1+k};$$

$$k = 0, \quad [5]$$

que indica que las señales se deben abrir y cerrar todas simultáneamente.

El valor de la longitud máxima L_2 que pueden entonces recorrer los vehículos al abrirse la señal 0, sin encontrar otras cerradas, será:

$$L_2 = L = L_i = TV. \quad [6]$$

Y el de la velocidad comercial:

$$v_2 = v = v_i = \frac{V}{1+h}. \quad [7]$$

Del examen de las expresiones anteriores, [1] a la [7], se deduce lo siguiente:

1.º Tanto en las calles de sentido único como en las de doble sentido de circulación, la longitud máxima que puede recorrer por ellas un vehículo que ha estado parado ante una señal de tráfico cerrada, al abrir ésta, sin encontrar otra señal de detención, es mayor, como es lógico, cuanto mayores lo sean la velocidad permitida y el tiempo que permanecen abiertas las señales a la circulación rodada por las citadas calles. Y las velocidades comerciales son mayores cuanto mayor sea la velocidad máxima permitida y cuanto menor sea el coeficiente h , relación entre el tiempo que permanecen cerradas las señales y el que permanecen abiertas.

2.º En las calles de sentido único de circulación, la longitud máxima y la velocidad comercial son tanto mayores cuanto mayor sea el decalaje de apertura y cierre entre cada dos señales consecutivas, el cual tiene como límite el valor del tiempo que tarda en recorrer la distancia entre ellas un vehículo que marche a la velocidad máxima permitida. Para este valor límite, la longitud máxima será ilimitada y la velocidad comercial será la máxima autorizada.

3.º Para no dar preferencia, en las calles de doble sentido de circulación, a ninguno de los dos tráficos de sentido opuesto, las señales se deberán abrir y cerrar todas simultáneamente.

En el caso de que se abriesen escalonadamente, la repetida longitud máxima y la velocidad comercial son mayores para el tráfico que marcha en el mismo sentido en que se van abriendo y cerrando

las señales, y menores para el que va en sentido contrario cuanto mayor sea el decalaje de apertura y cierre entre ellas. O sea que el aumento de rendimiento que se consigue en un sentido es a costa de una disminución del de sentido opuesto; y

4.º Las longitudes máximas que, a igualdad de circunstancias, pueden recorrer sin paradas los vehículos y las velocidades comerciales de éstos son siempre mayores en el caso de calles de sentido único de circulación en que $k > 0$, que en el de calles de doble sentido. Por tanto, el rendimiento en tráfico en cada uno de los sentidos de circulación de una calle que lo tenga doble es menor, a igualdad de circunstancias, y si no hay otros factores que puedan influir en él, que el de una calle de sentido único cuyo número de vías operantes sea la mitad del total de aquélla. Y por la misma razón, la suma de rendimientos en un determinado sentido de dos calles que lo tengan doble será menor que el de otra de ese mismo sentido, único, que tenga un número de vías operantes igual a la suma de las vías de aquéllas que utiliza el tráfico que se desarrolla en el citado sentido.

Esta diferencia de rendimientos puede alcanzar valores considerables, como se deduce comparando los valores de las velocidades comerciales, que vienen dados por las fórmulas [2] y [7]. Su relación es la siguiente:

$$r = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{V}{1+h(1-k)}}{\frac{V}{1+h}} = \frac{1+h}{1+h(1-k)} =$$

$$= 1 + \frac{hk}{1+h(1-k)} = 1 + \frac{k}{\frac{1}{h} + 1 - k},$$

que indica que aumenta a medida que son mayores el decalaje y el coeficiente h , relación entre los tiempos de parada y de paso del tráfico por las calles que se comparan.

Para dar una idea de su cuantía, si suponemos que las intensidades de los tráficos afluentes obligan a hacer $h = 1$, y admitimos que en la calle de dirección única el coeficiente de decalaje es 0,8, el valor de dicha relación será:

$$r = 1 + \frac{0,8}{\frac{1}{1} + 1 - 0,8} = 1 + \frac{0,8}{1,2} = 1,666;$$

que demuestra que en la calle de sentido único de circulación la velocidad comercial es un 67 por 100 mayor que la correspondiente a la calle de doble sentido.

Como consecuencia de todo lo anteriormente ex-

puesto, se deduce que, a igualdad de las demás circunstancias, se puede aumentar el rendimiento en tráfico de una calle determinada con los medios siguientes:

1.º Los indicados al tratar de la velocidad de los vehículos, que además de evitar los obstáculos que puedan producir paradas accidentales de aquéllos, permiten aumentar su velocidad de circulación.

2.º Aumentando el tiempo que las señales permanecen abiertas al tráfico que discurre por ella.

Con el fin de que no se produzcan congestiones en las calles afluentes a causa de esta medida, se deberá permitir que los vehículos que, procedentes de éstas se dirijan, girando hacia la derecha, hacia la calle de que se trata, entren en ella, aun estando cerrada la señal correspondiente, cortando la fila de peatones, para lo que reducirán la velocidad lo suficiente para evitar accidentes. Y lo mismo se hará con los vehículos que, marchando por la calle que se examina, se dirijan, girando a la derecha, a alguna de las afluentes, en las que deberá autorizarse que entren, aun estando cerrada la correspondiente señal, rompiendo la fila de peatones en la forma antes indicada.

3.º Haciendo, por el contrario, que el tiempo de duración del cierre de las señales al tráfico general sea lo mínimo compatible con su finalidad de dar paso a los peatones y a los tráficos afluentes que la cruzan.

Para ello se fijará la mayor anchura posible para el cruce de peatones, cuyas corrientes de tráfico se deberán encauzar, con el fin de conseguir una circulación fluida y sin entorpecimientos de los mismos.

Y por lo que respecta al tráfico rodado, se deberá, como se ha dicho antes, permitir la entrada y salida en la calle cuyo rendimiento se trata de mejorar, de los vehículos que, girando a la derecha, procedan de las afluentes o se dirijan a ellas, aun estando cerradas las correspondientes señales, con lo que se disminuirá la intensidad del tráfico afluente al que hay que dar paso.

4.º Si se trata de una calle de sentido único de circulación, la apertura y cierre de las señales se deberán decalar todo lo posible en el mismo sentido de la circulación. Este decalaje tendrá como límite máximo el tiempo que tarda un vehículo marchando a

la velocidad máxima autorizada, en llegar de una señal a otra.

Con el fin de conseguir que se pueda dar al decalaje valores elevados, hay que procurar disminuir el número de vehículos detenidos ante cada una de las señales. Y como una parte de ellos proceden de los tráficos afluentes, según hemos dicho ya, se podrá lograr una reducción con la medida repetidamente expuesta de permitir la entrada en la calle que se estudia, aun con la señal cerrada, de aquellos vehículos que, girando a la derecha, se dirijan hacia ella.

5.º Si la calle es de doble sentido de circulación, las señales se deberán abrir y cerrar todas simultáneamente.

En el caso en que se produjera circunstancialmente en ella un aumento considerable del tráfico en un determinado sentido, se podrá lograr una evacuación más rápida del mismo, decalando la apertura y cierre de las señales precisamente en dicho sentido; pero no debe perderse de vista que el aumento de rendimiento en ese sentido se conseguirá a costa de una disminución del de sentido opuesto; y

6.º Si la calle es de doble sentido de circulación, está muy congestionada, como también las afluentes, y paralela y cercana a ella existe otra de análogas características, se podrá, en general, aumentar su rendimiento haciendo las dos de sentido único y opuesto el de una al de la otra.

Éstas son, en esencia, las medidas de carácter general que permitirán resolver, o al menos mejorar, considerablemente el problema planteado de la circulación en las grandes ciudades.

Su grado de eficacia es variable y depende de las circunstancias que concurren en cada caso, de la topografía interior de la ciudad, del estado de ordenación del tráfico y de su intensidad. Pero se puede afirmar siempre que con la aplicación de ellas, unido al conocimiento exacto del problema en cada momento y al estudio de todas las anomalías y accidentes que se produzcan para conocer la causa y poner los medios para evitarlos, se conseguirá un aumento de la fluidez y de la seguridad de la circulación, que es el fin primordial que se debe perseguir con una buena ordenación de la misma.