

IMPORTANCIA DE LA MANIOBRA DE ADELANTAMIENTO EN CARRETERAS DE DOS CARRILES

Beatriz Elena Pineda Uribe¹

¹ Magíster en infraestructura y sistemas de transporte, docente investigadora del grupo de Investigación de Ingeniería Civil GRIDIC, del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Carrera 48 N° 7-151 Medellín, Colombia. E-mail: beatrizpineda@elpoli.edu.co

RESUMEN

La presencia o ausencia de los tramos necesarios con distancia de visibilidad de adelantamiento en una carretera de dos carriles, incide en la calidad de su flujo vehicular ya que afecta la capacidad, el nivel de servicio, la accidentalidad y la velocidad de circulación. Por lo anterior, es muy importante que una carretera de dos carriles disponga de tramos con distancia de visibilidad de adelantamiento, igual importancia tiene también la fórmula que indica cuántos metros continuos se necesitan para realizar la maniobra de una forma segura y el procedimiento que se debe realizar a los planos de diseño geométrico para determinar los tramos en los que existe esta distancia. Al estudiar las formulaciones que calculan esta distancia, se presentan muchas variables, de las cuales se hace necesario enfatizar en algunas y fijar otras, tomando condiciones en las cuales no haya influencia de ellas. Es por ello que se tomaron datos de la maniobra en la que un automóvil adelanta otro automóvil, datos de cuántos segundos utilizan los conductores para adelantar, en sitios donde otras variables como la pendiente de la vía no son de gran importancia, por ser muy pequeña. Se analiza también la normatividad colombiana relacionada con el tema.

Palabras clave: distancia de visibilidad de adelantamiento, maniobra de adelantamiento, carreteras de dos carriles.

Recibido: 15 de septiembre de 2010. Aceptado: 24 de Mayo de 2011

Received: September 15th, 2010. Accepted: May 24th, 2011

IMPORTANCE OF PASSING MANEUVER IN TWO LANE HIGWAYS

ABSTRACT

The presence or absence of the necessary road sections with visibility distance passing on a two-lane road, affects the quality of traffic flow as it affects the capacity, the level of service, accident and operating speed. Therefore, it is very important that a two-lane road has sections with passing sight distance, equally important is also the formula that indicates how many running meters are needed to perform the maneuver safely and the procedure to be performed to the geometric design planes to the determine the road sections in wich there is this distance. In considering the formulations that calculate this distance, there are many variables, of which it is necessary to emphasize on some variables and let other variables fixed, taking conditions in which there is no influence of these. That is why data were taken from the maneuver in which a car passing another car, how many seconds of data used by drivers to overtake in places where other variables such as the slope of the road are not of great importance, because very small. It also discusses Colombian regulations related to the topic.

Keywords: Passing sight distance, passing maneuver, two-lane highways.

1. INTRODUCCIÓN

El adelantamiento en una carretera de dos carriles, se da cuando un conductor va detrás de otro que lleva una velocidad de operación menor y si las condiciones de la vía le permiten observar hacia una distancia suficiente para darse cuenta que no circula vehículo en el carril de sentido contrario o que viene a una distancia que le permite adelantar, dicho conductor decide invadir este carril para sobrepasar al vehículo más lento y continuar su marcha a la velocidad deseada.

Esa distancia continua de carretera que el conductor ve hacia adelante desde su posición, es la distancia de visibilidad de adelantamiento disponible (DVAd) y cuando es mayor que la distancia de visibilidad de adelantamiento requerida (DVAr), existen las condiciones adecuadas para realizar la maniobra.

La distancia de visibilidad de adelantamiento requerida, es la distancia continua de carretera que el conductor debe ver hacia adelante para que en condiciones seguras pueda adelantar a otro vehículo que circula en la misma dirección a una velocidad menor sin peligro de interferir con un tercer vehículo de sentido contrario que en el peor de los casos se haga visible al iniciarse la maniobra de adelantamiento.

Se hace mención a tres vehículos, los cuales circulan muchas veces a velocidades distintas, siendo muy importante tener en cuenta la gran influencia de esas diferencias en la distancia que se requiere, debido a que si los vehículos adelantante y adelantado circulan a unas velocidades muy parecidas, será complicado el sobrepaso, requiriendo tramos muy largos; además, si el vehículo de sentido opuesto va a una velocidad muy alta, se podría dar una maniobra forzada o insegura.

La distancia de visibilidad requerida ha sido motivo de estudio por parte de algunos investigadores que intentan obtener una fórmula acertada para su cálculo, incluyendo las variables necesarias para ello y que sean medibles.

Esta distancia depende directamente de la velocidad de operación a la cual circulan los vehículos implicados en la maniobra, además de otras variables, algunas de ellas más complejas de valorar, pues están relacionadas con el

comportamiento de los conductores: qué tan arriesgados, qué tan impulsivos y qué tan respetuosos por las señales de tránsito son.

Otras variables están relacionadas con la carretera como la señalización que permita o no la maniobra, las oportunidades de adelantar que se presentan, el volumen vehicular que circula por ella y otras que dependen de los tipos de vehículos implicados, del tipo de adelantamiento si es con o sin seguimiento.

2. LA MANIOBRA DE ADELANTAMIENTO

Para calcular la distancia de visibilidad de adelantamiento, cada país tiene su formulación propia, aunque muchos han adoptado el esquema básico de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), haciendo algunas adaptaciones.

Los análisis realizados por diferentes investigadores del tema, han tenido que simplificar la maniobra de adelantamiento y establecer modelos donde se toman varios datos de una forma empírica, como el tiempo estimado para dicha maniobra, la velocidad a la que se realiza el adelantamiento (algunas veces se asume que es igual a la velocidad de diseño o a la velocidad específica del tramo), la diferencia de velocidades entre los vehículos adelantante y adelantado. Así, dejando fijas ciertas variables, cada investigador se ha dedicado a estudiar el aspecto o la variable que cree que es el más importante o que es la más determinante en la distancia de visibilidad de adelantamiento.

Según la experiencia de la autora, se puede decir que dentro de las especificaciones que actualmente preocupan a los diseñadores de carreteras de dos carriles, se tienen en cuenta aspectos como apropiados radios de curvatura horizontal o preferiblemente un diseño espiralizado, buenas longitudes de curvas horizontales y entretangencias adecuadas que permitan una transición del peraltado cómoda y bajas pendientes en su rasante.

El análisis de visibilidad que permita establecer si la combinación de curvas horizontales y verticales es la mejor, o saber si la sección transversal es la adecuada, o si se está proporcionando la distancia de visibilidad de adelantamiento necesaria, es una actividad que se ha considerado como secundaria.

Esto puede ser por el hecho, de que estos últimos temas no han sido tan sistematizados como los primeros y requieren un poco de trabajo más manual del ingeniero de diseño, quien es el directamente responsable de entregar su proyecto incluyendo criterios de seguridad que se deben presentar desde esta etapa de los cálculos, ya que al entrar en operación una carretera de dos carriles, se hace necesario señalizarla horizontalmente con la respectiva línea continua o discontinua. Al no disponer de planos para ello, se busca una forma rápida y segura, algunas veces se realiza directamente sobre la vía un análisis visual (con un lazo de medida igual a la distancia de visibilidad de adelantamiento requerida y a la altura de los ojos del conductor), para ver donde existe dicha distancia, en semejanza este proceso con el que se realiza sobre los planos y señalizar línea discontinua que autorice la maniobra; otras veces se ha dejado esta labor en responsabilidad de los inspectores de señalización.

2.1 Relación entre la maniobra de adelantamiento, la accidentalidad y la capacidad

El tema de adelantamientos en carreteras de dos carriles, está directamente relacionado con la cifra de accidentalidad, se sabe que es una de las principales razones enunciadas en los informes de accidentalidad: adelantar invadiendo vía, adelantar en curva, adelantar en zona prohibida. El Fondo de Prevención Vial en Colombia [1] determinó para el año 2006 que el 4,0% de los accidentes en carreteras ocurrieron por la primera causa descrita anteriormente, el 2,4% por la segunda y el 2,0% por la tercera; en conclusión este 8,4% de los accidentes, se debió a los adelantamientos indebidos. En Asturias España [2], la principal causa de los accidentes registrados durante 2007, tanto en el Corredor del Nalón como en la carretera de Galicia (carreteras de dos carriles), fue la invasión del carril contrario, en adelantamientos o incorporaciones a la calzada indebidas, siendo también la principal causa de las muertes por siniestros de tráfico en Asturias; una de las vías más emblemáticas de Catalunya [3], el Eix Transversal, más de las tres cuartas partes de las víctimas mortales que se producen son consecuencia directa de los adelantamientos.

Al respecto de la accidentalidad hay varios aspectos por considerar:

La imprudencia de algunos conductores que adelantan en tramos de vía en los cuales no se tiene la distancia suficiente para realizar esta maniobra; actuando desesperadamente, ya que la presencia de vehículos pesados que circulan en su mismo sentido y las pocas oportunidades de adelantar que ofrecen algunas carreteras de dos carriles, no les permiten circular a la velocidad que desean.

La falta de señalización en algunas vías, la señalización incorrecta ó la poca coordinación entre las señales verticales y la señalización horizontal, confunden al conductor. Un caso de señalización incorrecta, son las carreteras de dos carriles que en toda su longitud tienen señalizada la doble línea continua, indicando la prohibición de adelantar para los vehículos de ambos sentidos de circulación en su totalidad, aún teniendo algunos tramos en los cuales es posible realizar la maniobra de una forma segura, pero por falta de un correcto análisis de los planos del diseño geométrico de la vía, en el cual se determine que no hay tramos con posibilidades de adelantar, se prefiere prohibirlo y así desde lo legal, tener resuelto lo que técnicamente tiene falencias. Lo anterior es causa de accidentes y de irrespeto a la norma, pues los conductores perciben la incoherencia entre lo señalizado en la carretera y lo que en realidad las mismas condiciones de la vía les permite maniobrar, perdiendo así el respeto a las indicaciones que se dan en la vía por medio de las señales de tránsito.

Muchas de las carreteras que actualmente se utilizan en Colombia, fueron construidas a comienzos del siglo XX con los criterios de unir muchas poblaciones y de tener un bajo costo; esto, teniendo en cuenta que las labores de construcción eran muy manuales, era difícil de cumplirse sin rebajar las especificaciones técnicas, por lo tanto se presentan deficiencias en sus diseños en cuanto a condiciones de visibilidad y requerimientos para adelantar.

Es por ello que las entidades gubernamentales, conscientes de esta problemática, realizan contrataciones de rectificación o mejoramientos de algunas vías, que muchas veces consisten simplemente en aumentar las distancias de visibilidad de las carreteras, construyendo por ejemplo bermas en las rectas o sobreechamientos en las curvas horizontales, o aumentando la visibilidad lateral eliminando obstáculos, todo esto sin cambiar ninguna especificación técnica adicional de la vía.

En términos de la seguridad vial, es claro que todas estas acciones dirigidas a la prevención, son altamente rentables desde el punto de vista social y económico, ya que el costo de los accidentes de tránsito, está siendo cada vez mayor para los administradores de las carreteras y para las empresas aseguradoras de los vehículos.

Las posibilidades de adelantamiento que ofrece una carretera de dos carriles influyen directamente en la capacidad y el nivel de servicio de ésta; se estima que para el cálculo de la capacidad de una carretera de dos carriles [4] es necesario conocer el porcentaje de zonas de no rebase (no adelantamiento) y como se considera que esta variable es difícil de medir en el campo, se usarán los planos de señalización horizontal de cada carretera; en caso de no disponer de estos, se podrá recorrer la vía y observar la demarcación horizontal que tiene en cuanto a la línea continua y discontinua. Con esta información se encuentra un factor de corrección a la capacidad, que en algunas ocasiones puede afectarla reduciéndola hasta en un 50% en el caso más desfavorable cuando no hay oportunidades de adelantar.

Es por esto que en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras de Colombia del 2008 [5], se determina que debe haber un determinado porcentaje de la carretera en el cual se pueda adelantar, de acuerdo a la velocidad de diseño del tramo homogéneo, para tramos de 5 kilómetros, información que se muestra más adelante.

2.2. Trabajo realizado por la autora

2.2.1. Recolección de información documental

Dados todos estos aspectos que muestran la importancia de disponer de tramos con distancia de visibilidad de adelantamiento en toda carretera principal o secundaria, se quiere dar igual importancia a la fórmula que me indica cuántos metros continuos se necesitan para realizar la maniobra de una forma segura, y al procedimiento que se debe aplicar a los planos de diseño geométrico para determinar los tramos en los que existe la distancia de visibilidad de adelantamiento,

ya que será en definitiva, la fórmula y su aplicación a los planos, los que determinen si hay o no condiciones adecuadas para adelantar en una carretera y si se resuelven estos dos procedimientos de una forma correcta, se tendrá una información adecuada en las vías acerca de las limitaciones en cuanto a las posibilidades de adelantar o no, con distancias no muy cortas que obliguen a los conductores a realizar maniobras con regreso a su carril forzado por causa de la presencia de un vehículo en sentido contrario al iniciar la maniobra, ni muy largas (muy exigentes) que no permitan encontrar en ningún tramo de la carretera, oportunidades de adelantar.

La autora ha estudiado algunas fórmulas y ha encontrado grandes diferencias entre ellas en varios países, dado el enfoque del problema que cada uno de ellos adopta. Es común, la división de la maniobra en varias etapas, así:[6]

$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 \quad (1)$$

Donde:

D_a : Distancia de visibilidad de adelantamiento, en metros.

D_1 : Distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción, en metros.

D_2 : Distancia recorrida por el vehículo que adelanta durante el tiempo desde que invade el carril del sentido contrario hasta que regresa a su carril, en metros. Esta distancia se divide en dos la primera desde que el conductor decide adelantar hasta que se encuentra en el carril de sentido contrario, al lado del vehículo adelantado, su parachoques está al frente del vehículo adelantado (a) y la distancia (b) desde la posición anterior hasta que regresa totalmente de nuevo a su carril de circulación.

D_3 : Distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra, entre el vehículo que adelanta y el vehículo que viene en la dirección opuesta, en metros.

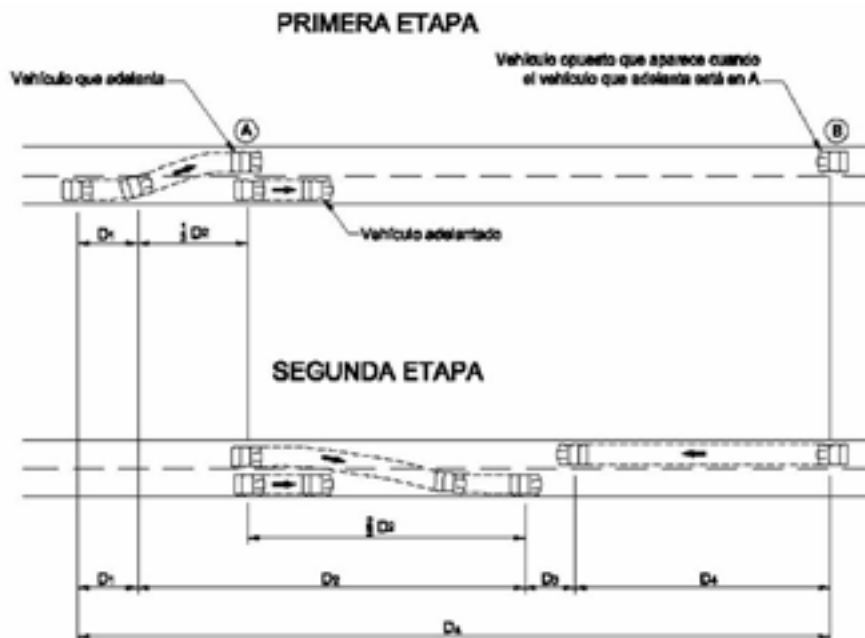


Fig. 1. Distancia de visibilidad de adelantamiento. [5]

D_4 : Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto (estimada en $2/3$ de D_2), en metros.

Las diferencias más importantes se dan al considerar o no la maniobra con movimiento uniformemente acelerado y en que cada país ha adoptado o medido valores diferentes para el tiempo percepción-reacción y para la duración de las etapas 2, 3, 4 y 5. Es de anotar aquí, la importancia de algún segundo de más o de menos en la maniobra de adelantamiento, pues si hablamos de movimiento uniforme, en 1 segundo a una velocidad de circulación de 60 km/hora, se recorren 16,7 metros.

Se concluye que para calcular la distancia de visibilidad de adelantamiento requerida, es estrictamente necesario identificar a que velocidad se hace la maniobra, y es por eso que el nuevo Manual de la AASHTO [6] cambió el enfoque en su último libro del 2004, dividiendo la toma de los tiempos de duración de cada una de las cuatro etapas de la maniobra, en varios casos según la velocidad específica de la entretangencia horizontal en la que se efectúa el adelantamiento (rango 1, velocidad entre 50 y 65 km/h, rango 2 entre 66 y 80 km/h, rango 3 entre 81 y 95 km/h y rango 4 entre 96

y 110 Km/h), identificando la gran influencia de esta variable, en dicha distancia.

2.2.2. Reflexiones sobre la normatividad de la distancia de visibilidad de adelantamiento en Colombia

En Colombia hay legislación sobre el tema en tres textos específicos: El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, de 2008, el Código Nacional de Tránsito (ley 769 de 2002, con su reforma en la ley 1383 del 16 de marzo de 2010) y El Manual de señalización vial, Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorutas de Colombia. Ministerio de Transporte, 2004; se mencionará lo que cada uno de ellos contiene al respecto.

En el Manual de diseño Geométrico de Carreteras [5], se registran los valores de la mínima distancia de visibilidad de adelantamiento, según la velocidad específica de la entretangencia horizontal en la que se efectúa la maniobra en km/h, o según la velocidad del vehículo que adelanta y ajustados según los datos que la ASHTO tomó para camión adelantando camión para su manual del 2004.

En Colombia se han realizado estudios en los que se ha medido el tiempo de duración de la maniobra

de adelantamiento en algunas carreteras. Estudios que podrían ser analizados y tenerse en cuenta para la legislación de nuestro país, a continuación se presentan algunos de los resultados de ellos:

Victor Gabriel Valencia Alaix, profesor de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, para su tesis doctoral [7], tomó tiempos de la maniobra en el único tramo que permite adelantamiento en la carretera Cali – Popayán, con una pendiente de 5,32% y ancho de carril 7,38 m; allí encontró una gran variedad de tipos de adelantamientos, entre los cuales, se muestran los datos de los tiempos de cuatro de ellos:

Tabla 1. Tiempos en segundos de la maniobra

Tipo de adelantamiento	Con seguimiento	Sin seguimiento
Automóvil-Automóvil	17,18	8,29
Automóvil-Pesado	11,97	2,16

En la Universidad Pedagógica de Tunja [10], se realizó un estudio por medio del método del vehículo en movimiento y se determinó el promedio de cada uno de las distancias que componen la maniobra, tomando datos sobre la carretera Bogotá – Duitama, en la cual se escogieron dos tramos, uno representativo de terreno plano y otro de terreno ondulado y sobre la carretera Tunja – Bucaramanga uno representativo el terreno montañoso. Los resultados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Distancias promedio en metros, de la maniobra de adelantamiento, por tipo de terreno

Terreno	D1	D2a	D2b	D3	D4	Dva
Plano	178	62	61	33	77	411
Ondulado	154	65	61	35	85	403
Montañoso	218	50	70	7	18	363

Como guía, en la Tabla 2, el Manual de diseño Geométrico de carreras [5] recomienda la frecuencia con la que se deben presentar las oportunidades de adelantar o el porcentaje mínimo habilitado para adelantamiento en el tramo, de acuerdo a la velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR).

Tabla 3 .Oportunidades de adelantar por tramos de cinco kilómetros

Velocidad de diseño del tramo homogéneo VTR (km/h)	20-50	60-80	90-100
Porcentaje mínimo de la longitud con distancia de visibilidad de adelantamiento (%)	20%	30%	40%

El Código Nacional de Tránsito en la ley 1383 de 2010 [11], menciona los hechos que son sancionables, así:

Artículo 131. Multas. Los infractores de las normas de tránsito serán sancionados con la imposición de multas, de acuerdo con el tipo de infracción así:

D. Será sancionado con multa equivalente a treinta (30) salarios mínimos legales diarios vigentes (SMLOV) el conductor y/o propietario de un vehículo automotor que incurra en cualquiera de las siguientes infracciones:

D.6 Adelantar a otro vehículo en berma, túnel, puente, curva, pasos a nivel y cruces no regulados o al aproximarse a la cima de una cuesta o donde la señal de tránsito correspondiente lo indique. En el caso de motocicletas se procederá a su inmovilización hasta tanto no se pague el valor de la multa o la autoridad competente decida sobre su imposición en términos de los artículos 135 y 136 del Código Nacional de Tránsito.

Como reflexión se debe aclarar aquí que existen unos tramos de carretera con curva horizontal en los que vemos que hay condiciones para adelantar y muchos conductores lo hacen, ya que no hay interferencias de visibilidad de taludes, ni construcciones en la zona aledaña de la vía, ni de árboles y demás; en estos tramos al verificar la existencia de la distancia de visibilidad de adelantamiento requerida, cumple; por tanto bajo estas condiciones no se puede prohibir al adelantamiento en todas las curvas horizontales, igual situación se presenta con las curvas verticales.

El Manual de señalización vial [12] define la demarcación de zonas de adelantamiento prohibido en tramos de recta, curva horizontal, curva vertical donde la distancia de visibilidad para efectuar la maniobra de adelantamiento es mayor que la distancia de visibilidad del sector, teniendo en cuenta la velocidad del 85% (percentil85) de los usuarios, determinada mediante un estudio de ingeniería de tránsito, o la velocidad de diseño del sector.

Este Manual da unos valores de distancias mínimas de visibilidad de adelantamiento de acuerdo con la velocidad de operación, arrojando unos valores que son aproximadamente el 50% de los valores que calcula el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, situación similar, se encontró con la reglamentación de varios países, en los que hay diferencias significativas con los valores de la distancia de visibilidad de adelantamiento de la reglamentación en diseño de carreteras en comparación con los valores de esta misma distancia en los manuales de señalización.

En la norma, se refiere a la velocidad del 85% (percentil 85) de los usuarios, dato que de conocerse en muchas carreteras, sería muy útil, ya que permitiría tener una buena aproximación acerca del valor de la velocidad a la cual se realiza la maniobra, dato muy necesario para determinar la distancia de visibilidad requerida.

2.2.3. Recolección de información de campo

Dada la importancia que tiene el tiempo de duración de la maniobra de adelantamiento en carreteras de dos carriles, para la definición de una distancia mínima adecuada con la cual se pueda señalar correctamente la vía, se tomaron datos de campo de los segundos que toma en las carreteras cercanas al Valle de Aburrá (Antioquia, Colombia), dicha maniobra.

En el año 2007, se buscaron tramos de carretera con un flujo vehicular que permitieran adelantamientos en un sentido, y tomar datos de la velocidad de los vehículos tipo automóvil que van a adelantar.

Se midieron tiempos totales de la maniobra de adelantamiento, de las distancias entre marcas Maniobra. Los datos de tiempos se indican en la figura 2

determinadas en el terreno, y el tiempo de circulación de los vehículos adelantantes entre esas marcas, para obtener las velocidades de dichos vehículos.

Se asumió que la diferencia de velocidades entre el vehículo adelantado y el adelantante es de 16 km/h, tal como lo asume la AASHTO (actualmente asume 15 km/h [5]) siendo un valor cercano también al promedio obtenido en el estudio realizado por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia [8], 20 km/h para terreno plano y montañoso y 22 km/h para terreno ondulado.

También se tomaron datos de distancia y tiempo de estos vehículos adelantantes, para determinar la velocidad en el tramo que adelantan; se tomaron datos de distancia y tiempo de los vehículos que circulan en sentido opuesto a la maniobra de adelantamiento cuando los había y por último, se tomó el volumen vehicular en ambos sentidos en el tiempo que se tomaron los datos.

2.2.4 Información Obtenida

Generalmente las zonas donde se hacen los adelantamientos, son rectas largas, o curvas horizontales sin presencia de taludes, árboles, construcciones o demás obstáculos que puedan interrumpir la visibilidad continua desde un punto de la vía; también algunas curvas horizontales izquierdas que poseen buena visibilidad por disponer de carril de circulación del vehículo opuesto que en algunas ocasiones donde no hay talud muy alto a ese lado izquierdo, permite visualizar buena longitud continua de carretera hacia adelante.

Se obtuvieron datos en la vía Medellín- Alto de Las Palmas en el K 12+800, el día 6 de octubre de 2007. Se midió el tiempo total de la maniobra en la que los automóviles adelantaban automóviles, tomado en segundos directamente en la vía y la velocidad de los vehículos que adelantaban, calculada como la distancia fija y marcada en el pavimento, que recorrían desde que iniciaban el adelantamiento hasta que retornaban a su carril de circulación, dividida entre el tiempo medido para la



Fig. 2. Tiempos de la maniobra medidos

3. CONCLUSIONES

Es muy importante que una carretera disponga de tramos para adelantar, ya que así los conductores no son los que toman la decisión de una forma autónoma acerca de dónde realizar la maniobra y donde no, sino que se dispone de un análisis técnico que combina la fórmula adecuada para el cálculo de la distancia requerida para adelantar de una forma segura y las condiciones que la vía le ofrece en un determinado tramo, refiriéndose a la aplicación en planos de esta distancia. Esto previene accidentes de tránsito que ocurren por causa de los adelantamientos indebidos y permite que los conductores, tengan respeto por las señales de tránsito que encuentran en la vía.

Tan importante es disponer de los tramos de distancia de visibilidad de adelantamiento, como el mismo cálculo que determina cuál es la longitud que se requiere para realizar correctamente la maniobra y el procedimiento que se le realice a los planos para determinar dónde es posible adelantar. Al calcular la distancia de visibilidad de adelantamiento, es indispensable saber a qué velocidad de operación se va a realizar la maniobra, ya que entre estas dos variables existe una relación directamente proporcional.

Las fórmulas que permiten calcular la distancia de visibilidad de adelantamiento, tienen en cuenta los tiempos que un vehículo emplea para realizar cada una de las cuatro etapas de la maniobra, las diferencias entre estos valores se dan por considerar o no el movimiento uniformemente

acelerado y porque en cada región los conductores emplean diferente tiempo en la maniobra según las condiciones del adelantamiento en cuanto a pendientes de la vía, tipo de vehículo que adelanta y que es adelantado, si es con o sin seguimiento, si hay presencia de vehículo en sentido opuesto, y también de las características socioculturales de los conductores que diferencia a unos y otros por su cumplimiento a la normatividad, por la actitud que tienen frente al riesgo, por su edad, su condición psicológica, etc.

Se evidencia una necesidad de tener en Colombia, más estudios en el tema, que permitan tener una identidad propia de la influencia de las diferentes variables que inciden en la distancia de visibilidad de adelantamiento, de la caracterización de los conductores; y que se articulen esos estudios con la normatividad.

El tipo de vehículo adelantado influye también en el tiempo empleado en el adelantamiento, de forma que para adelantamientos de *automóvil con automóvil*, su promedio fue 6.86 segundos y para *automóvil adelantando camión*, es mayor, en nuestro caso fue de 10.45 segundos, esta diferencia es comprensible si consideramos una longitud del camión de 20 metros y una diferencia de velocidades entre vehículo adelantado y vehículo *adelantante* de 16 km/h; y se tiene en cuenta que para recorrer esos 20 m de longitud del camión, se necesitaron 4,5 segundos, en cambio para recorrer los 4,5 metros del auto se requiere 1 segundo; podemos concluir, que esos 3 segundos de diferencia obtenidos en los datos de campo, obedecen a la anterior notación.

En el caso de las rectas largas, la velocidad de los vehículos que por allí circulan, se aumenta considerablemente debido a la falta de curvatura horizontal, lo que permite al vehículo desarrollar una mayor velocidad que la velocidad de diseño; esto dificulta la maniobra de adelantamiento, porque para una velocidad mayor, se requiere de una mayor distancia de visibilidad y puede ser que aunque se haya señalado correctamente para adelantar a una velocidad de 50 km/h, para una velocidad promedio de circulación de los vehículos mayor, se requerirá una distancia mayor para llevar a cabo la maniobra con seguridad.

4. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dirección de Investigaciones de Medellín (DIME) de la Universidad Nacional De Colombia, por la colaboración con el presupuesto para los trabajos de campo y al Doctor Hugo Correa Roldán por sus valiosos aportes.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Fondo de Prevención Vial. Estadísticas de accidentalidad vial en Colombia 2006.

[2] Diario Independiente de Asturias, la Nueva España. "El Corredor del Nalón y la carretera de Galicia, las vías con más accidentes mortales". Febrero 24 de 2008.

[3] Pérez M. A. Tesina "Diseño de una carretera versus el comportamiento de los conductores. Adelantamiento, velocidad y distancia de visibilidad." Editor Universitat Politècnica de Catalunya. Departamento d Infraestructura del Transport i del Territori. De agosto de 2009.

[4] Instituto Nacional de Vías y Universidad del Cauca. Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles. Segunda versión, 1996.

[5] República de Colombia, Ministerio de Transporte, Instituto Nacional de Vías. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008

[6] AASHTO, A Police on geometric design of Highway and streets. Washington D.C. 2004.

[7] Valencia Alaix, Víctor G. Modelo determinístico para la maniobra de adelantamiento en carreteras de dos carriles en Colombia. [PhD Tesis]. Madrid España, Universidad de Cataluña, 2008.

[8] Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Efectos de la distancia de visibilidad en maniobras de adelantamiento, Tunja, 1996.

[9] Radelat, Guido. Principios sobre ingeniería de tránsito. Universidad del Cauca. 1998

[10] Díaz Marquez S y Dueñas Ruiz D. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Revista Facultad de Ingeniería ISSN: 0121-1129, 1999 vol:8

fasc: 16 págs: 13 - 18 Criterio para la determinación de la distancia de visibilidad mínima de adelantamiento en carreteras colombianas de dos carriles.

[11] República de Colombia. Código Nacional de Tránsito: ley 769 de 2002.

[12] Ministerio de Transporte: Manual de señalización vial, Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorutas de Colombia. 2004