

## **I Congreso Ibero – Latinoamericano de Seguridad Vial**

### **La seguridad como medida fundamental en Cuba para el diseño de nuevas carreteras y mejoramiento de las existentes.**

Autor: Dr. Ing. Luis Emilio Serrano Rodríguez

Vicedirector de Planeamiento y Estudios Viales

Del Centro Nacional de Vialidad del Ministerio del Transporte

Profesor Titular de la facultad de Ingeniería Civil

Del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”

La calidad de servicio de las carreteras se define a partir de que brinde a los usuarios y beneficiarios de las mismas, Comodidad, Funcionalidad y Seguridad.

En Cuba las nuevas normas para el diseño geométrico la seguridad ha sido el aspecto fundamental, y para lograr esto se han introducido nuevos conceptos en lo que se refiere a la distancia de visibilidad.

Se han definido las ya conocidas:

- Distancia de visibilidad de parada o segura de frenado.
- Distancia de visibilidad de paso o de adelantamiento.

Y a ellas se añade la Distancia de Visibilidad de Anticipación.

La Distancia de Visibilidad de Parada o Distancia Segura de Frenado cambia el concepto de aquella necesaria para detener el vehículo ante un objeto de 0.15 m de altura por aquella que permite al conductor detenerse ante la observación de un obstáculo u objeto o evadir el mismo mediante una maniobra segura.

La Distancia de Visibilidad de Anticipación es aquella que permite conocer para una velocidad de diseño dada conocer la evolución del trazado y el conductor se encuentra así preparado en la trayectoria que sigue.

Además se trata en el trabajo de las estrategias de ampliación de carriles y arcenes (paseos) y de rehabilitación de los pavimentos en las carreteras para el mejoramiento de las carreteras existentes.

## **I Congreso Ibero - Latinoamericano de Seguridad Vial.**

### **Título:**

“La seguridad como medida fundamental en Cuba para el diseño de nuevas carreteras y mejoramiento de las existentes”

### **Autor:**

Dr. Ing. Luis Emilio Serrano Rodríguez  
Vicedirector de Planeamiento y Estudios Viales  
Centro Nacional de Vialidad. Ministerio del Transporte  
Profesor Titular de la Facultad de Ingeniería Civil  
Instituto Superior Politécnico “José A. Echeverría”

### **Introducción**

La calidad de servicio puede ser definida como la capacidad de un producto o un servicio para enfrentar el potencial o necesidades expresadas de los clientes o más ampliamente, de los beneficiarios del producto o servicio.

Ahora bien, una carretera no es un producto cualquiera, para su concepción y materialización se hace necesario desarrollar un grupo de actividades sumamente complejas por las inversiones económicas, sociales, políticas, de planeación de la vía y el uso del suelo y protectoras del medio ambiente que preceden a las de diseño y construcción, formando también parte intrínseca de ellos.

Los usuarios fundamentalmente valoran tres aspectos cuando circulan por una vía, estos son los siguientes:

- Seguridad

- Funcionalidad
- Comodidad

En el aspecto relativo a la seguridad reseñamos a continuación las variables que influyen en su apreciación.

### ***Variables de la carretera:***

#### **Parámetros básicos de trazado**

- Parámetros geométricos:  
Planta: curvas de transición (adaptación a la velocidad específica de la curva), adecuación tramos recta-curva (velocidad homogénea), adecuación peralte-radio.  
Alzado: acuerdos con visibilidad
- Coordinación planta – alzado: pérdidas de trazado en tramos curvos o tramos rectos, deslumbramientos en la puesta de sol.
- Visibilidad: adecuación velocidad-visibilidad (frenado, adelantamiento, cruce)

#### **Dotaciones viales**

- Señalización adecuada horizontal y vertical (información, ubicación, tamaño, material)
- Barreras de seguridad
- Balizamiento
- Pantallas antideslumbrantes
- Regulación mínima del tráfico (cruces, pasos a nivel, travesías, ...)

## **Firme**

- Coeficiente de rozamiento longitudinal y transversal en frenadas o curvas (microaglomerados).
- Características de drenaje superficial (deslizamiento en mojado)

## ***Variables del tráfico:***

### **Factor humano**

- Aptitud de los conductores: experiencia, edad
- Hábitos, conocimiento del trayecto

### **Factor mecánico**

- Edad del parque móvil: Planes de ayuda
- Revisiones periódicas

### **Factor tráfico**

- Velocidad diferencial entre vehículos: evitar vehículos de diferente naturaleza o las rampas largas y pronunciadas
- Separación de tráfico de largo y corto recorrido (intersecciones, velocidades)

## ***Variables del entorno:***

### **Agentes meteorológicos**

- Condiciones visibilidad: noche, niebla

- Condiciones del firme: agua, nieve, hielo

### **Agentes externos**

- Transeúntes o ciclistas en la calzada
- Invasión de los márgenes de la calzada
- Peligro de animales sueltos

### **Tiempo de reacción en el mantenimiento de la vialidad**

- Desprendimientos, avalanchas, inundaciones
- Vialidad invernal: nieve, hielo

Como se señala en los parámetros básicos del trazado la visibilidad es una de las variables fundamentales.

Durante la primera revisión de las normas de diseño geométrico el Dr. Ing. Francisco Borrero citó los estudios realizados por el Pfefer (6) sobre la distancia de visibilidad, de esta nos surgió la iniciativa de introducir estos criterios en nuestros documentos normativos sobre el trazado de carreteras.

Se parte en el nuevo análisis del concepto siguiente:

Una carretera debe tener en sus puntos la suficiente visibilidad para asegurar la circulación por ella, o sea para prever los peligros y localizar los obstáculos; en fin, para permitir a los conductores tomar la decisión pertinente en cada caso.

A continuación nos referiremos a los conceptos introducidos en lo relativo a la Visibilidad.

## **Distancia de Visibilidad de Parada o Segura de Frenado**

La condición de parada o frenado está definida por la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo que circula a la velocidad de diseño lo detenga antes de un objeto situado en su trayectoria. Esta distancia se determina sumando las distancias recorridas:

1. cuando el conductor advierte el obstáculo y aplica los frenos;
2. y durante el frenado.

El tiempo transcurrido desde que el conductor advierte el obstáculo y aplica los frenos es el conocido como el de percepción-reacción y para él se utiliza comúnmente el valor de 2.5 s.

No vamos a tratar la formulación matemática que resuelve este problema, ya que en cualquiera de los textos utilizados como material de referencia se puede encontrar.

En las carreteras modernas se han incrementado las velocidades de diseño, lo cual asegura una alta velocidad de circulación. Si analizamos ésta un poco nos daremos cuenta de que las facultades de percepción de obstáculos disminuyen con el aumento de la velocidad.

Debido a esto el valor de 2.5 segundos, que universalmente se ha utilizado para el tiempo de percepción-reacción y era determinante en el cálculo de la distancia recorrida durante éste, ya no ofrece la misma confianza por lo tanto, para las altas velocidades debe ser mayor a fin de mantener la seguridad en la circulación.

Se une a lo anterior el notable aumento ocurrido en los últimos años de vehículos cuya altura de observador es menor de 1.14 m (vehículos pequeños en los cuales la altura del observador está por debajo de 1.14 m,) así como el menor costo de construcción de explanaciones con los equipos fabricados actualmente, por lo cual se pueden suponer alturas de objeto (obstáculos) menores de 0.15 m que pueden llegar a cero en las zonas de trazado difícil.

Si hacemos una comparación entre estos criterios y los que aún se tiene en cuenta notaremos lo siguiente.

Según el criterio antiguo, la condición de parada establecía un trazado que en toda su longitud el conductor sólo tendría la opción de parar ante el obstáculo.

Ahora bien, si modificáramos algo estos conceptos – como ya hemos dicho – podríamos llegar a una condición de parada que permitiera al conductor elegir entre detenerse o circular lentamente para evadir el obstáculo con una maniobra que le fuera fácil, de forma tal que la decisión por él tomada estuviera dentro de la seguridad. Tendríamos así una carretera cuya circulación sería menos peligrosa; los conductores manejarían menos tensos y por lo tanto se incrementaría la seguridad de la vía.

Precisamente este criterio mucho más amplio que el anterior, que es una condición extrema, fue el utilizado durante la elaboración de los proyectos finales de las normas; siendo el resultado el que se presenta en las siguientes tablas.

### **Distancia Segura de Frenado**

Velocidad de diseño (km/h)	120	100	80	65	50	35
Distancia de visibilidad (m)	295	210	140	95	60	35

### **Distancia Segura de Frenado (Mínima Absoluta)**

Velocidad de diseño (km/h)	120	100	80	65	50	35
Distancia de visibilidad (m)	210	165	115	80	60	35

**Nota:** El valor mínimo absoluto es aquel en que la altura del objeto es 0.15 m.

Según podemos advertir, en las velocidades mayores es donde ocurren las diferencias, que son apreciables.

En la misma norma se expresa lo siguiente sobre el valor mínimo absoluto de la Distancia Segura de Frenado:

“Cuando la aplicación de estos valores representan un gravamen económico de consideración, podrán utilizarse los valores mínimos absolutos que se señalaron en la tabla respectiva”.

### **Distancia de Visibilidad de Paso**

En ésta no han variado los criterios, por lo cual no es necesario hacer una exposición acerca de ellos; el objetivo que se persigue en este trabajo es el de exponer los nuevos criterios sobre la distancia de visibilidad en las carreteras.

Hasta aquí llegan los conceptos sobre distancia de visibilidad manejados en nuestra técnica vial y tratados en nuestras normas. Trataremos ahora sobre conceptos que han sido tenidos en cuenta en algunos proyectos de autopistas y en anteproyectos de carreteras de altas velocidades de diseño hecho en nuestro país.

El primero es el de la Distancia de Visibilidad de Decisión. De la referencia 5 tomamos su definición, que es como sigue: Distancia a la cual un conductor puede detectar una señal (peligro) en un ambiente de ruido visual o confusión, seleccionar una velocidad y una trayectoria apropiadas y desarrollar la acción requerida con seguridad y eficiencia.

Como se ve esta distancia está afectada por factores muy diversos, que son: humanos, medio circundante, campo visual, velocidad del vehículo, tipo y estado del mismo, altura del objeto, estado de la vía y su geometría.

Del resultado de los análisis sobre la percepción del objeto en el campo visual, del movimiento del vehículo a través del medio circundante, distancia del umbral del movimiento a la cual puede ser percibido y los otros factores ya mencionados, se concluyó que esta distancia es mayor que las citadas anteriormente.

Se recomienda que en la determinación de esta distancia la altura del objeto sea *ceró*, y el vehículo a utilizar en el cálculo sea de pasajeros.

La fórmula mediante la cual se determina la distancia a la cual el umbral del movimiento puede ser percibido es la siguiente:

$$d = \left( K \frac{V}{W_t} \right)^{\frac{1}{2}}$$

en la cual:

d = distancia en metros a la cual el conductor percibe la velocidad angular por primera vez (el límite del campo perceptivo para el proceso del buen control del vehículo);

$K$  = constante relacionada con el tamaño del objeto (tal como el ancho de un vehículo parado);

$V$  = velocidad del vehículo en kilómetros por hora;

$Wt$  = velocidad angular que el conductor es capaz de percibir por primera vez.

Se ha encontrado que la primera percepción de un objeto en el campo visual, para que exista un control preciso del vehículo, está entre:

0.006 rad / s para el 15<sup>to</sup> percentil de los conductores y

0.0006 rad / s para el 85<sup>to</sup> percentil.

Queremos aclarar aún más sobre este nuevo concepto y para esto diremos lo siguiente:

Se prevé esta distancia con el objetivo de asegurar la circulación ante situaciones peligrosas, para que frente a éstas el conductor sea capaz de realizar un análisis y tomar una decisión. Pero en esto inciden de manera muy importante el tipo y el estado del vehículo, la velocidad a la cual circula por la vía y el estado de esta última, incluida como es claro su geometría.

Añadiremos finalmente que esta distancia sobrepasa generalmente en más de 100 metros a la de frenado (mínima absoluta), por lo que aumenta la seguridad de la circulación.

## **Distancia de Visibilidad de Anticipación**

En algunas ocasiones, cuando no teníamos a mano una expresión como la anterior, denominábamos a este concepto Distancia de Visibilidad del Trazado, la cual es de vital importancia en el diseño geométrico de carreteras, ya que permite al conductor prever las zonas de peligro potencial a lo largo del trazado.

Esto quiere decir que el conductor debe poder distinguir con claridad:

- Los puntos singulares del trazado (intersecciones, intercambios, etc.)
- Prever en una longitud suficiente la evolución del trazado de la vía, sin que pueda existir la posibilidad de un error óptico o de que existan pérdidas de trazado.

Influye decisivamente una adecuada coordinación planta-perfil en que se provea a la vía de esa distancia.

Las reglas que se utilizan en el trazado desde el punto de vista estético, unidas a lo ya planteado sobre la coordinación planta-perfil, asegurarán la eliminación de los errores ópticos y las pérdidas de trazado. Estas ha sido difundidas ampliamente en nuestro país, y en la referencia 8 se analizan las deficiencias en la coordinación planta-perfil, que no deben ocurrir si se siguen las recomendaciones generales al respecto que aparece en todos los textos que tratan sobre el diseño geométrico de carreteras.

De todos modos, creemos útil incluir en este trabajo las tablas que aparecen a continuación.



Este criterio se considera en muchas oficinas de proyectos como guía para el diseño geométrico de las carreteras.

Tanto este criterio como el anterior pueden tener en su contra el incremento de los costos de construcción.

Por lo tanto, es conveniente analizar durante la definición de un trazado si el incremento del costo de la construcción es tan elevado como para impedir la utilización de este criterio y el anterior.

Señalaremos otras estrategias que se llevan a cabo en nuestro país para incrementar la seguridad vial, estas son las siguientes:

- Ampliación de los carriles
- Ampliación de los arcenes (paseos)
- Reposición de las defensas (barreras de seguridad)
- Reposición de las balizas (postes guía)
- Reposición de la señalización vertical y horizontal afectada
- Rehabilitación de pasos a nivel existentes y desactivación de aquellos que no funcionan
- Eliminación de puntos o tramos de concentración de accidentes en la red de vías de interés nacional.
- Rehabilitación de pavimentos

### **Ampliación de los carriles**

La norma en revisión y lo que se plantea para la revisión que se elabora es que la anchura máxima de carril sea de 3.0 m, se ha demostrado que anchos menores son inseguros y teniendo esto en cuenta se diseñaran las obras nuevas con

anchuras de carril de 3.0 m a 3.50 y 3.75 en el caso de aquellas de velocidades iguales o superiores a 100 Kph. En el 2007 fueron ampliados 149 km de carreteras de dos carriles a 3.0 m de anchura cada carril.

Se amplían los carriles de las vías existentes que tienen un ancho inferior a 3.0 para incrementar la seguridad de la circulación.

### **Ampliación de los arcenes (paseos)**

En este caso se sigue el mismo criterio ya que además de proporcionar una superficie complementaria, anexa a la carretera sirven como carriles de emergencia y de área donde detenerse los vehículos en condiciones de seguridad, si estos son los suficientemente anchos para estas funciones, por lo tanto el criterio es ampliar para proveer a las carreteras de esta área que contribuye a asegurar la circulación. En el 2007 fueron ampliados 2881.6 km de arcenes o paseos.

La reposición de barreras de seguridad y balizas (postes guía) unidas a la colocación de captafaros en el pavimento son medidas que han incrementado la seguridad de la circulación.

### **Reposición de la señalización vertical y horizontal afectada**

Tanto este punto como el anterior son un rescate de las dotaciones viales que contribuyen a la seguridad de la circulación en las carreteras.

Queremos reseñar que estos aspectos antes señalados están incluidos en la recuperación vial que se desarrolla en el país y como dato brindamos lo siguiente:

En el año 2007 fueron colocadas 14524 señales verticales y se señalizaron horizontalmente 723.0 km.

### **Pasos a nivel. Rehabilitación y Desactivación**

Los pasos a nivel con el ferrocarril constituyen un serio problema, ya que requieren un grupo de dotaciones que son altamente costosas, por lo que sobre ellos se está realizando un estudio profundo con vistas a que existan solo los necesarios. En el pasado año fueron señalizados 42 pasos a nivel.

En lo que refiere a los Puntos o Tramos de Concentración de Accidentes en las carreteras de interés nacional, (por ellas circula el 70 % de los volúmenes de tránsito del país), se trabaja en su eliminación, en el año 2007 fueron eliminados 75 y el número de puntos o tramos de concentración de accidentes ascendía a 269.

Otro aspecto que se ha comenzado y contribuye grandemente a la seguridad de la circulación es la rehabilitación de los pavimentos existentes.

Como parte de la recuperación vial se comenzó hace dos años se rehabilitan las estructuras de pavimento de la red existente, haciendo énfasis en sus características funcionales y por supuesto cumpliendo el objetivo de incrementar o restaurar la capacidad estructural de las mismas. En el año 2007 en las vías de interés nacional se rehabilitaron 271.0 km de carretera.

Esta rehabilitación consiste en recapar los pavimentos, las tareas son las siguientes:

- Fresado de la superficie existente

- Resanar hasta obtener el nivel requerido en la carpeta bajo la capa de rodadura
- Ejecutar la capa de rodadura según diseño

La rehabilitación ha permitido elevar el nivel de seguridad en lo que respecta a la fricción lateral y longitudinal que tiene que existir para una circulación segura.

## **Conclusiones**

Como primera conclusión podemos decir que es una tendencia general, y muy sana por cierto, proveer a los trazados de una distancia de visibilidad superior a la especificada.

Los valores mínimos de distancia de parada o frenado no deben llevar al conductor a un estado tal que se sienta tenso a lo largo de la vía por la cual circule. Por lo tanto, deben permitirle tomar una decisión ante un obstáculo y así eliminar el estrés que se produce.

Debe utilizarse el diseño, siempre que no ocasionen grandes incrementos en los costos de construcción, las distancias de visibilidad de decisión y de anticipación.

Todas las medidas tomadas en función de optimizar la red vial existente han contribuido a una fuerte disminución de los accidentes de tránsito, demostrando su efectividad en el incremento de la seguridad de la circulación.

## Bibliografía y referencias

1. Colectivo de Autores (Grupo de Trabajo C 4.3)  
Comité Técnico C4  
Asociación Mundial de la Carretera  
AIPCR-PIARC  
“La calidad de servicio de las carreteras”  
París, Francia 1999.
2. Colectivo de Autores  
Comité Técnico C4  
(Grupo de Trabajo 2)  
Asociación Mundial de la Carretera  
AIPCR-PIARC  
“Optimización de la red de carreteras interurbanas existentes” París, Francia, 2003.
3. MICONS  
“Normas de Carreteras. Diseño Geométrico. Parámetros Fundamentales y Secciones Típicas” La Habana, Cuba, 1979.
4. Oficina Nacional de Normalización  
“NC 53-02 (Norma Cubana). Elaboración de Proyectos de Construcción. Carreteras Rurales. Categorización Técnica y Características Geométricas del trazado directo” La Habana, Cuba, 1986. ( En revisión)
5. Pfefer, R.C.:  
“Nuevas orientaciones de seguridad y servicio para distancia de visibilidad”  
Transportation Engineering Journal. USA, Nov. 1976.

6. Lorenz, H.: "Orientación visual para la conducción en Autopistas" Boletín de Información del centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo, No. 22 sep-oct, Madrid, España, 1961.
7. Godin, P.: y otros "Visual Quality Studies in Highway Design BCEON" Washington, USA, No. 15, 1968.
8. U.S Department of Transportation Federal Highway Administration. Flexibility in Highway Design USA. 1997.  
Publication No. FHWA-PD-97-062  
HEP-30/7-97 (IOM)E
9. García García A; Rocci. S; Myangor J y Pedrozo F. La sección transversal de las carreteras: Un diseño orientado a la seguridad "Rutas" Mayo-Junio, 2007, España.
10. Samos Zié, J. 1<sup>er</sup> Simposium Internacional sobre Política, Tecnología, Administración, Operación y Mantenimiento de Carreteras y Puentes en Países en Desarrollo y en Transición, Mayo 1997, La Habana, Cuba.
11. AASHTO A policy on geometric design of rural and urban highways and streets, USA, 1994.
12. Javier E. La Seguridad en las normas de trazado Parte I: Tres anécdotas. "Carreteras" Año XLVII. Número 164, Julio 2001. Asociación Argentina de Carreteras.

13. Mills, J "Tracé en Plan et profil en long des routes hors afflomeration" reune Generale des Routes et des Aerdromes No. 457, Sept 1970, Francia.
14. Serrano Rodríguez. L. E Visibilidad en las Carreteras, Revista Ingeniería, abril, 1 de febrero de 1981, Cuba.
15. Serrano Rodríguez. L. E Experiencias cubanas en el diseño de Vías Expresas Rurales. XIII Conferencia Científica Técnica de Ingeniería y Arquitectura ISPJAE, La Habana, 2007.