

# INFLUENCIA DE LA CORRECTA EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE PERCEPCIÓN Y REACCIÓN

Autores:

**Ing<sup>a</sup>. María Graciela BERARDO**

CISVAC (Comisión Interdisciplinaria de Seguridad Vial y Accidentología)  
ISIT (Instituto Superior de Ingeniería del Transporte)  
Universidad Nacional de Córdoba

**Ing. Víctor Antonio IRURETA**

I.A.V. (Instituto de Accidentología Vial)

Dirección: Arturo M. Bas 309 , (5.000) Córdoba – República Argentina  
Tel/Fax: 0054- 351- 4685079  
E-mail: [tberardo@arnet.com.ar](mailto:tberardo@arnet.com.ar)

## RESUMEN

Es habitual que los ingenieros tengamos que determinar un valor para el Tiempo de Percepción y Reacción, ya sea para definir parámetros de cálculo en el diseño geométrico vial como para determinar variables de interés en reconstrucción accidentológica.

El Tiempo de Percepción y Reacción es aquel tiempo que transcurre desde que el conductor recibe la información del riesgo o peligro hasta que inicia la respuesta de su conducido. Está formado por diferentes etapas, sin que la suma directa de los tiempos indicados para cada etapa sea igual al valor del Tiempo de Percepción y Reacción total.

Debe prestarse especial atención en la determinación del Tiempo de Percepción y Reacción, pues errores en su estimación pueden derivar en cálculos incorrectos de parámetros trascendentes en el dimensionamiento de elementos del diseño geométrico, o en determinaciones inexactas de variables sensibles para el análisis de accidentes.

El presente trabajo tiene por finalidad analizar todas aquellas situaciones donde la participación y correcta evaluación del Tiempo de Percepción y Reacción es trascendente, tales como por ejemplo, el cálculo de distancias de visibilidad de sobrepaso, longitudes de fajas de aceleración y deceleración, cálculo de distancias de frenado, estimación de velocidades de rodados involucrados en accidentes, etc.

**Palabras clave:** Tiempo de percepción y reacción, inevitabilidad física de accidentes

## 1. INTRODUCCIÓN

El Tiempo de Percepción y Reacción es aquel tiempo que transcurre desde que el conductor recibe la información del riesgo o peligro hasta que inicia la respuesta de su conducido.

Es usado frecuentemente por los profesionales con distintas finalidades. Entre las principales se destacan: su aplicación en el dimensionamiento de elementos del diseño geométrico vial, ya sea urbano o rural, y como variable sensible en reconstrucción accidentalológica.

## 2. ETAPAS

El tiempo de percepción y reacción total puede desagregarse en: 1) tiempo de percepción, 2) tiempo de reacción (la suma de estos dos términos nos da el tiempo de percepción - reacción humana) y 3) tiempo de reacción mecánica.-

1) El tiempo de percepción corresponde a la etapa de *detección*; coincide su comienzo con el comienzo del Tiempo de percepción y reacción y finaliza cuando el conductor mueve sus ojos para focalizar en la zona central de sus retinas aquello que ha detectado (fin del tiempo de percepción y comienzo del tiempo de reacción).

Un valor medio es del orden de 0,3 seg.

2) A su vez, dentro del tiempo de reacción, también denominado PIEV (**P**ercepción, **I**ntelección, **E**moción, **V**olición) se reconocen cuatro etapas: *Identificación, Evaluación, Decisión y Respuesta*.

La *identificación* o **Percepción** (identificación del riesgo o peligro, información sobre el mismo) marca el comienzo del tiempo de reacción. Esta etapa finaliza cuando se ha acopiado la información adecuada y suficiente como para valorar el riesgo.

Un valor medio de la duración de esta etapa es del orden de 0,3 segundos.

La *evaluación o **Intelección*** (Comprensión de la situación, Interpretación del riesgo o peligro), comienza cuando finaliza la etapa anterior y termina cuando, una vez procesada la información, se concluye si el riesgo es tal o no. Gran cantidad de errores en esta etapa de evaluación, son causas de accidentes.

Su duración aproximada es de 0,5 seg.

La *decisión o **Emoción*** (Adopción de la maniobra más conveniente) , comienza cuando finaliza la etapa anterior y termina al iniciarse la respuesta. En esta etapa, se resuelve si es conveniente modificar la velocidad, o la dirección, o la aceleración, etc.-

En términos generales, los valores medios oscilan entre 0,5 y 1 segundo.

La *respuesta o **Volición*** (Acción sobre los mandos del vehículo), comienza cuando el centro motor del cerebro envía la orden de ejecución al grupo de músculos correspondiente y termina cuando los músculos comienzan a ejecutar la orden. La duración media de esta etapa es de 0,2 seg.

3) El tiempo de reacción mecánica comienza al terminar la etapa de respuesta y finaliza cuando el vehículo empieza a responder a las acciones ejecutadas por el conductor.

Este tiempo corresponde a aquel que surge por la inercia de los mecanismos móviles, elasticidad de los elementos que transmiten la orden, juego o huelgo en los elementos mecánicos, etc.

Su duración media es del orden de 0,5 seg.

La suma directa de los tiempos indicados para cada etapa pueden diferir del valor necesario para el tiempo de percepción y reacción, pues pueden presentarse superposiciones de tiempos o saltos de etapas, así como aumentos o disminuciones en los valores mencionados anteriormente como valores medios.

Numerosos ensayos se han practicado a fin de determinar el tiempo de percepción y reacción total apropiado para cada circunstancia, todos ellos de difícil implementación, ya que surgió la necesidad de desechar los resultados obtenidos en el ensayo propiamente dicho, considerando solamente los valores arrojados en comportamientos posteriores, a fin de tomar por sorpresa a los conductores, y así lograr resultados reales.

### **3. APLICACIONES EN EL DISEÑO GEOMETRICO**

#### **3.1. Distancia de Visibilidad**

La distancia de visibilidad es la longitud de carretera visible adelante del conductor. La carretera está diseñada con una velocidad directriz, que es la máxima velocidad segura y está restringida por el diseño geométrico, por lo tanto debe haber una distancia de visibilidad para que el conductor pueda adoptar decisiones que garanticen circulación segura y cómoda.

Las distancias de visibilidad que se consideran son:

- 1) Distancia necesaria para la detención.
- 2) Distancia necesaria para la toma de decisiones.
- 3) Distancia necesaria para el adelantamiento

##### **3.1.1. Distancia de visibilidad de detención o frenado**

Es la mínima necesaria para que el vehículo pueda detenerse antes de colisionar con un obstáculo en su trocha sin tener desaceleraciones inadmisibles. En la totalidad del trazado se debe cumplir que la distancia de visibilidad sea mayor que la distancia de frenado.

Por lo tanto es la mínima distancia de visibilidad que debe estar disponible para permitirle a un conductor que viaja a la velocidad directriz detener el vehículo.

La distancia de visibilidad de detención es la suma de: la Distancia de reacción de frenado (distancia recorrida desde el instante que el conductor ve el objeto hasta el instante en que aprieta los frenos) y Distancia de frenado propiamente dicha (distancia recorrida desde el instante en que comienza la aplicación de los frenos hasta que el vehículo se detiene).

$$\text{Distancia de visibilidad de frenado} = v \cdot t_{pr} + \frac{v^2}{2g (f_1 \pm i)} \quad (1)$$

siendo:  $v$  = velocidad del vehículo [m/seg]

$t_{pr}$  = tiempo de percepción y reacción (seg)

$f_1$  = coeficiente medio de rozamiento longitudinal.

$i$  = inclinación de la rasante

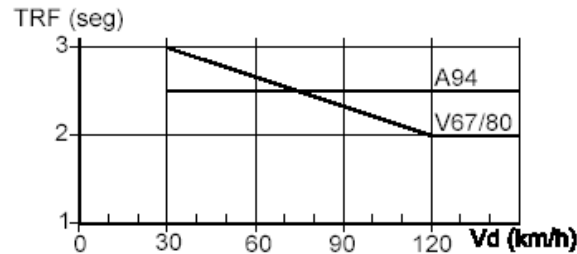
$g$  = aceleración de la gravedad ( $m/seg^2$ )

Los factores que modifican el tiempo de P.I.E.V (Percepción, Intelección, Emoción y Volición) son: la distancia al objeto, visión del conductor, rapidez de reacción, visibilidad atmosférica, el tipo y condición de la calzada, objeto, la velocidad del vehículo, el entorno (rural o urbano), etc.

Tiempos de reacción medidos en laboratorio, permitieron concluir que para aproximadamente el 90% de los conductores, el tiempo de reacción adecuado era de 2,5 seg.

En la Figura 1, se muestran los tiempos de Reacción de frenado según las Normas AASHTO y las Normas de Diseño Geométrico para Caminos Rurales de la Dirección Nacional de Vialidad (Argentina)

**Figura 1: Tiempos de Reacción de Frenado según AASHTO (1994) y NDGCR de la DNV (1967/80)**



### 3.1.2. Distancia de visibilidad de decisión

Las distancias de visibilidad de detención son suficientes para permitirles a los conductores razonablemente competentes y alertas llegar a una rápida detención bajo circunstancias ordinarias. Estas distancias son insuficientes cuando los conductores deben tomar decisiones complejas, la información es difícil de percibir o se requieren maniobras inusuales o inesperadas.

La distancia de decisión es la distancia requerida por un conductor para detectar una información inesperada, reconocer el peligro, seleccionar una velocidad y trayectoria adecuadas y completar la maniobra segura y eficientemente.

En la totalidad del trazado se debe cumplir que la distancia de visibilidad de decisión sea mayor que la distancia de frenado.

Los conductores necesitan las distancias de visibilidad de decisión donde haya posibilidad de error en la recepción de la información para aumentar la seguridad y maniobrabilidad. Estos lugares críticos pueden ser: intersecciones, cambios en la sección transversal, zonas de demanda concentrada, etc.

### 3.1.3. Distancia de visibilidad de sobrepaso

La distancia de visibilidad necesaria para el sobrepaso debe ser tal que el usuario pueda realizar dicha maniobra antes de encontrarse con un vehículo que circula en

sentido opuesto. El cálculo, como la de frenado, implica la definición de un modelo matemático que permita analizar la realidad práctica del adelantamiento (Figura 2).

Efectuadas suposiciones sobre el tránsito (practicadas por un alto porcentaje de usuarios), la distancia mínima de visibilidad de adelantamiento surge de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \tag{2}$$

donde:

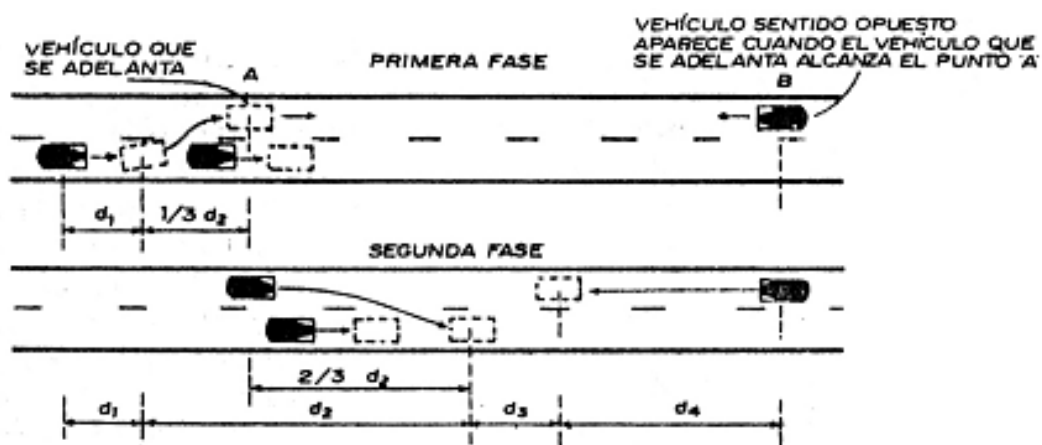
$d_1$  = distancia recorrida durante el tiempo P.I.E.V. y aceleración inicial hasta el punto de invasión del carril izquierdo.

$d_2$  = distancia recorrida mientras el vehículo que se adelanta ocupa el carril izquierdo.

$d_3$  = distancia segura (longitud despejada) entre el vehículo que se adelanta y uno que viene por el carril contrario.

$d_4$  = distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido contrario durante  $2/3$  del tiempo que el vehículo que se adelanta ocupa el carril izquierdo, es decir,  $2/3 d_2$ .

**Figura 2: Elementos y distancia total de adelantamiento (carretera dos carriles)**



## 4. APLICACIONES EN LA RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES

### 4.1. Evitabilidad Física de un Accidente

Para efectuar una primera discriminación sobre si el accidente ocurrido era evitable o no, en su entorno de ocurrencia, desde el punto de vista físico, debemos interrelacionar los puntos accidentológicos de *Posible Percepción* (PPP) y *Punto Sin Solución* (PSS).

El Punto de Posible Percepción es aquel punto-instante de la trayectoria de un protagonista desde el cual es posible (para una persona sin impedimentos que la inhabiliten para conducir) *percibir* la existencia de un riesgo o peligro de accidente.

El Punto de Posible Percepción depende básicamente de las características ambientales, existencia o no de obstáculos a la visión, características de visibilidad, enmascaramiento de luces o ruidos por otras luces o sonidos, topografía, etc.

Este punto coincide con el inicio del tiempo de percepción y reacción.

El Punto Sin Solución es aquel punto-instante de la trayectoria de un protagonista, desde y a partir del cual la percepción óptima y las maniobras más adecuadas, realizadas correctamente por el sujeto, no pueden impedir que el accidente ocurra.

El Punto Sin Solución no depende de las aptitudes o actitudes del protagonista, pues para su determinación se utilizan tiempos de percepción y reacción total estándares, y maniobras adecuadas, ejecutadas correctamente en un elemento mecánico sin fallas.

A los fines de la determinación del Punto Sin Solución, deben calcularse los lapsos y/o distancias que insumen las maniobras óptimas (descartando aquellas que impliquen certeza de daños o lesiones al protagonista que las ejecute o que requieran habilidades especiales), a los que deberán agregárseles los tiempos y distancias insumidos por el tiempo de percepción y reacción total estándar.



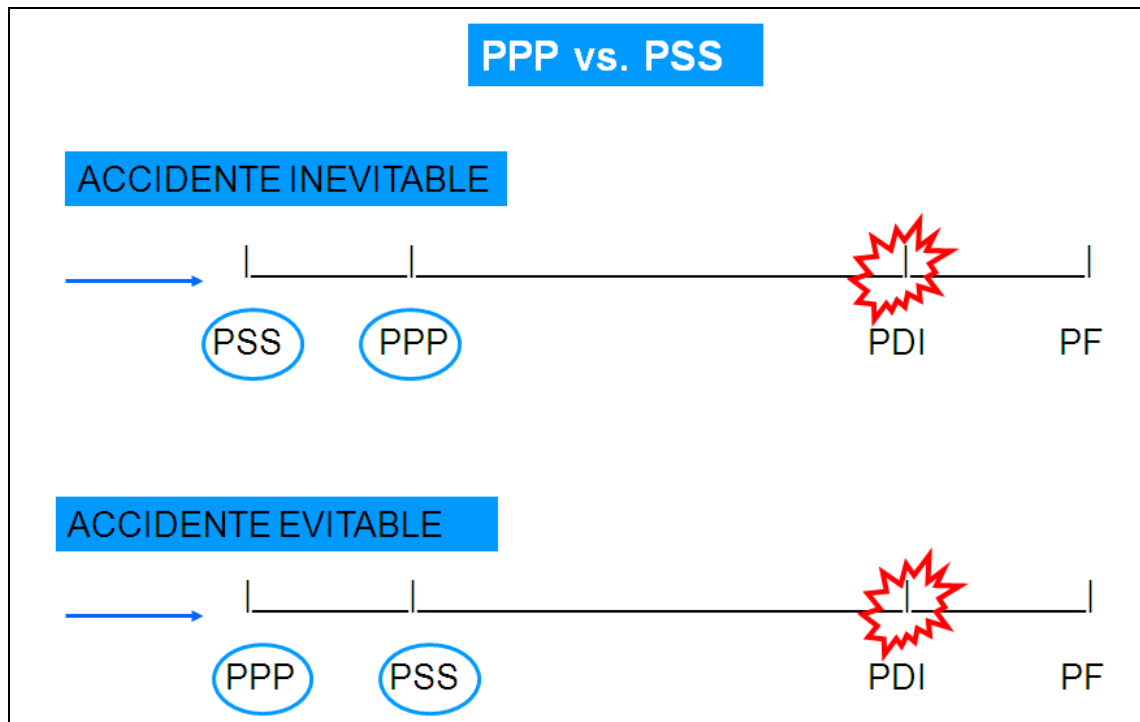
La distancia y el intervalo temporal así obtenidos, deben llevarse hacia atrás del punto de impacto, es decir, en sentido contrario a la dirección previa del protagonista.

La comparación entre las posiciones relativas del Punto de Posible Percepción y el Punto Sin Solución, determina la evitabilidad física del accidente.

- Si en la dirección del movimiento previo al accidente del protagonista en cuestión, encontramos que el Punto Sin Solución precede al Punto de Posible Percepción, estamos en presencia de un accidente físicamente inevitable, ya que ninguna acción realizada por este protagonista podría haber evitado el hecho.

- Por el contrario, si en las mismas circunstancias, el Punto de Posible Percepción precede al Punto Sin Solución, nos hallamos ante un accidente físicamente evitable, ya que existían posibilidades de ejecutar correctamente y a tiempo la o las maniobras adecuadas para que el accidente no se produjera.

**Figura 3: Esquema de Accidentes Físicamente Evitable e Inevitable**



#### **4.2. Velocidad de vehículos involucrados en un Accidente**

En la determinación de las velocidades de circulación previas al impacto de vehículos involucrados en un accidente, debe valorarse en la mayoría de los casos (dependiendo de la mecánica de producción del hecho) el Tiempo de Percepción y Reacción.

Ensayos realizados permitieron concluir que:

Si la **reacción** es de tipo **refleja**, es decir que obedece a razones instintivas e inconscientes, ante situaciones de emergencia extrema, el tiempo de percepción y reacción es muy corto, pudiendo alcanzar 0,60 segundos; generalmente derivan en reacciones equivocadas.

Si la **reacción** es de tipo **simple**, es decir que obedece a respuestas planeadas, ante situaciones esperadas, para las que se está entrenado por la experiencia , el tiempo de percepción y reacción total es corto; para la mayoría de los conductores, puede llegar hasta 1 segundo. No hay etapas de identificación, evaluación ni decisión, ya que se trata de una respuesta casi automática como todas aquellas que se presentan normalmente durante la conducción.

Si la **reacción** es **compleja**, la utilizable en la mayoría de los accidentes, el tiempo de percepción y reacción total puede llegar hasta 1,50 segundos. Este es el caso donde se presentan situaciones inesperadas, y cuya decisión se efectúa entre las respuestas posibles habituales. Están presentes todas las etapas de la percepción-reacción, aunque pueden encontrarse superpuestas.

Se dice que la **reacción** es **discriminatoria**, cuando se solicitan respuestas no habituales, dado que las habituales no son posibles y en consecuencia se requiere mayor información que la inmediatamente disponible para tomar la decisión. En este tipo de reacciones, el tiempo de percepción y reacción total puede alcanzar 1,5 segundos o valores superiores. A fin de aportar un valor medio se puede adoptar 2 segundos.

#### **4.3. Demoras y Errores durante el Tiempo de Percepción y Reacción**

En cualquiera de las etapas del tiempo de percepción y reacción, pueden ocasionarse demoras y/o errores, que pueden concatenarse, provocando un accidente.

Si bien para su mejor comprensión, el tiempo de percepción y reacción está desagregado en etapas, no es tarea sencilla una vez detectada una demora, especificar a qué etapa corresponde. No obstante, hay algunas situaciones claras que permiten ejemplificarlas.

No ocurre lo mismo con los errores, los que con frecuencia pueden ser atribuidos a una u otra etapa.

La duración de la etapa de Identificación depende de numerosos factores entre los que pueden citarse: capacidades sensoriales del sujeto y sus factores modificantes, objeto de la detección, grado de atención del conductor, etc.

Cuando en una ruta, se duda durante un determinado lapso si el vehículo que se divisa a lo lejos viene o va, se genera una demora en esta etapa; un error en cambio, se cometería si se estima que un vehículo se aleja, cuando en realidad se acerca.

Durante la evaluación o intelección se decide si lo que se ha detectado e identificado, constituye o no un riesgo y su grado o posibilidad de convertirse en peligro.

Errores de evaluación pueden cometerse al considerar que no es un riesgo un peatón que se dispone a cruzar la calle por la que circulamos o al ignorar el significado de una señal; La duda sobre si ese peatón es o no un riesgo, o sobre el código de las luces de los semáforos, genera demoras en esta etapa.

En la etapa de decisión debe optarse entre varias soluciones:

- a] Cambiar la velocidad (frenar o acelerar)
- b] Cambiar la dirección (girar a izquierda o derecha)
- c] Cambiar velocidad y dirección
- d] No modificar los parámetros de su movimiento
- e] Secuencias de todos o algunos de los anteriores

La etapa de decisión incrementa su tiempo, a medida que aumenta la complejidad, variedad y combinaciones de opciones que se presenten. Equivocaciones en esta etapa suelen ser causa de accidentes fácilmente evitables.

Generalmente las demoras en la selección de la respuesta o errores en la maniobra elegida, se deben a inexperiencia ante la situación o en el arte de conducir.

Las demoras o errores en la etapa de respuesta, son imputables a cuestiones fisiológicas, por ejemplo, dolores o claudicación de miembros que impiden realizar en tiempo y forma lo ordenado por el cerebro, falta de control o coordinación neuromotora, ausencia del vigor necesario para realizar alguna maniobra, etc.

## **5. CONCLUSION**

El tiempo de percepción y reacción que se utiliza para el diseño geométrico difiere del considerado para la reconstrucción de accidentes, pues para el diseño se trabaja con márgenes de seguridad que llevan a alcanzar valores mayores que para la reconstrucción de accidentes. A modo de ejemplo se mencionan las Normas de Diseño Geométrico de la Dirección Nacional de Vialidad, donde para la maniobra de detención se adoptan valores desde 2 a 2,9 segundos, dependiendo de la zona que se atraviesa. En reconstrucción de accidentes, donde el hecho lamentablemente ya ocurrió, solo puede determinarse si ocurrió por errores o demoras en la reacción, en la percepción o en la respuesta mecánica, y en consecuencia se manejan esos valores solamente para determinar si el accidente fue físicamente evitable o no.

En Seguridad Vial, cuyo principal objetivo es minimizar hasta eliminar los accidentes de tránsito y sus consecuencias, se debe lograr reducir lo más posible los tiempos de Percepción y Reacción reales, para ampliar la brecha con los tiempos de percepción y reacción utilizados en el diseño, garantizando un mayor margen de seguridad.

Analizando detenidamente las etapas que componen el Tiempo de Percepción y Reacción, y las variables que influyen en su duración y posibilidad de error, advertimos que la “conspicuidad” (capacidad de sobresalir o de ser visto sin ser buscado) influye notoriamente en las primeras etapas del Tiempo de Percepción y reacción.

En consecuencia, las medidas tendientes a minimizar los accidentes, deberían respetar el principio rector de la seguridad vial: VER y SER VISTOS.

Algunos estudios sugieren que el 3 % de las personas que circulan por la calle son incapaces por defectos visuales, de distinguir un automóvil de su entorno a 20 metros y que el 10% no puede hacerlo a 100 metros, pero salvo casos muy especiales, todos pueden percibir las luces frontales medias de ese mismo vehículo. Estos estudios muestran que circular con las luces encendidas aumenta la conspicuidad del rodado. Esta simple acción reduce en al menos 30%, los choques frontales diurnos, debido a la reducción en medio segundo o más de los tiempos de percepción y reacción.

Otra acción sencilla para garantizar VER y SER VISTOS, esta vez relacionada con el factor vial, consiste en el mejoramiento del sistema de señalización vial existente, tanto vertical como horizontal, no sólo en lo que se refiere a su conservación, sino también en la necesidad de usar señales claras, concisas, inequívocas, homogéneas, coherentes, y necesarias, para advertir anticipadamente algún peligro o maniobra necesaria y reglamentar el correcto uso de la vía.

La determinación del tiempo de percepción y reacción para cada caso en particular, debe ser realizada por el investigador en base al objetivo perseguido y a las circunstancias existentes, pues si bien la bibliografía sobre el tema es abundante, muchas veces es contradictoria y se hace dificultosa su aplicación.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**. Edición 1994, E.E.U.U.

BERARDO, María Graciela. **Accidentes de tránsito , Análisis pericial científico-mecánico**. 2da. Edición. Editorial Mediterránea, Córdoba, 2004.

BERARDO, María Graciela et al. **Principios de Diseño Geométrico Vial. Tomo I**. 2da. Edición, Córdoba, 2008.

DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD. **Normas de Diseño Geométrico para Caminos Rurales**. República Argentina, 1968 y 1980.

IRURETA, Víctor Antonio. **Accidentología Vial y pericia**. 3ra. Edición. Editorial La Rocca, Buenos Aires, 2003.