

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

INSTITUTO DEL TRANSPORTE

DOCUMENTO NÚMERO 3

INGENIERÍA DE LA SEGURIDAD VIAL

RELACIÓN ENTRE LOS CAMINOS Y LA GENTE QUE
MUERE EN Y POR ELLOS



NOVIEMBRE DE 2011

BUENOS AIRES
REPÚBLICA ARGENTINA

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

INSTITUTO DEL TRANSPORTE

DOCUMENTO NÚMERO 3

INGENIERÍA DE LA SEGURIDAD VIAL

RELACIÓN ENTRE LOS CAMINOS Y LA GENTE QUE
MUERE EN Y POR ELLOS



NOVIEMBRE DE 2011

BUENOS AIRES
REPÚBLICA ARGENTINA

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

PRESIDENTE HONORARIO

Ing. ARTURO J. BIGNOLI

MESA DIRECTIVA (2010-2012)

Presidente

Ing. OSCAR A. VARDÉ

Vicepresidente 1°

Ing. LUIS U. JÁUREGUI

Vicepresidente 2°

Ing. ISIDORO MARÍN

Secretario

Ing. RICARDO A. SCHWARZ

Prosecretario

Ing. EDUARDO R. BAGLIETTO

Tesorero

Ing. MANUEL A. SOLANET

Protesorero

Ing. ANTONIO A. QUIJANO

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

ACADÉMICO HONORARIO

Dr. Ing. Vitelmo V. Bertero

ACADÉMICOS EMÉRITOS

Ing. Humberto R. Ciancaglini

Ing. Alberto S. C. Fava

Ing. Osvaldo C. Garau

Ing. Eitel H. Lauría

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

ACADÉMICOS TITULARES

Dr. José Pablo Abriata
Ing. Patricia L. Arnera
Ing. Mario E. Aubert
Ing. Eduardo R. Baglietto
Ing. Conrado E. Bauer
Dr. Ing. Raúl D. Bertero
Ing. Rodolfo E. Biasca
Ing. Arturo J. Bignoli
Ing. Juan S. Carmona
Dr. Ing. Rodolfo F. Danesi
Dr. Ing. Raimundo O. D'Aquila
Ing. Tomás A. del Carril
Ing. Gustavo A. Devoto
Ing. Aristides B. Domínguez
Ing. René A. Dubois
Ing. Máximo Fioravanti
Ing. Alberto Giovambattista
Ing. Luis U. Jáuregui
Dr. Ing. Raúl A. Lopardo
Ing. Isidoro Marín
Ing. Eduardo A. Pedace
Ing. Alberto H. Puppo
Ing. Antonio A. Quijano
Ing. Ricardo A. Schwarz
Ing. Francisco J. Sierra
Ing. Manuel A. Solanet
Ing. Carlos D. Tramutola
Ing. Oscar A. Vardé
Ing. Guido M. Vassallo
Dra. Ing. Noemí E. Zaritzky

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

ACADÉMICOS CORRESPONDIENTES NACIONALES

Ing. Ramón L. Cerro (Santa Fe)
Ing. Máximo E. Valentinuzzi (Tucumán)
Dr. Ing. Aldo J. Viollaz (Tucumán)
Dr. Ing. Antonio Introcaso (Santa Fe)
Dr. Ing. Alberto E. Cassano (Santa Fe)
Ing. Jorge Santos (Bahía Blanca)
Ing. Jorge F. Rivera Prudencio (San Juan)
Ing. Francisco L. Giuliani (Río Negro)
Dr. Roberto J. J. Williams (Mar del Plata)
Ing. Carlos Ricardo Llopiz (Mendoza)
Dra. Ing. Bibiana M. Luccioni (Tucumán)
Dr. Ing. Ricardo D. Ambrosini (Mendoza)

ACADÉMICOS CORRESPONDIENTES EXTRANJEROS

Ing. Rafaél N. Sánchez (Canadá)
Ing. Andrés Lara Sáenz (España)
Ing. Gunnar Hambraeus (Suecia)
Ing. José Martiniano de Azevedo Netto (Brasil)
Ing. Joaquim Blessmann (Brasil)
Ing. Luis D. Decanini (Italia)
Ing. Ernst G. Frankel (Estados Unidos)
Ing. George Leitmann (Estados Unidos)
Dr. Ing. Vitelmo V. Bertero (Estados Unidos)
Ing. Wolfgang Torge (Alemania)
Ing. David I. Blockley (Reino Unido)
Ing. Jorge D. Riera (Brasil)
Ing. Gerhart I. Schuëller (Austria)

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

Ing. Luis Esteva Maraboto (México)
Ing. Victor F. B. de Mello (Brasil)
Ing. Piero Pozzati (Italia)
Ing. Angelo Miele (Estados Unidos)
Ing. Alberto Ponce Delgado (Uruguay)
Ing. Massimo Majowiecki (Italia)
Ing. Thomas Paulay (Nueva Zelanda)
Ing. Giovanni Lombardi (Suiza)
Ing. Alberto Bernardini (Italia)
Ing. Carlos I. Zamitti Mammana (Brasil)
Prof. Jörg Imberger (Australia)
Prof. Patrick J. Dowling (Reino Unido)
Prof. John M. Davies (Reino Unido)
Dr. Song Jian (China)
Ing. Héctor Gallego Vargas (Perú)
Dr. Ing. Daniel H. Fruman (Francia)
Ing. Guillermo Di Pace (Ecuador)
Ing. Jorge G. Karacsonyi (España)
Ing. Juan Carlos Santamarina (Estados Unidos)
Dr. Morton Corn (Estados Unidos)
Ing. Marcelo H. García (Estados Unidos)
Ing. Juan José Bosio Ciancio (Paraguay)
Dr. Ing. Jorge E. Alva Hurtado (Perú)

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

INSTITUTO DEL TRANSPORTE

Director: Académico Ing. Manuel A. Solanet

Integrantes:

Ing. Arturo D. Abriani
Ing. Roberto D. Agosta
Académico Ing. Mario E. Aubert
Académico Ing. Eduardo R. Baglietto
Ing. María Graciela Berardo
Ing. Gastón A. Cossettini
Ing. Ricardo H. del Valle
Ing. Raúl S. Escalante
Ing. Miguel J. Fernández Madero
Académico Ing. Máximo Fioravanti
Ing. Luis Miguel Girardotti
Ing. Guillermo J. Grimaux
Ing. Jorge Kohon
Académico Ing. Eitel H. Lauría (emérito)
Ing. Juan Pablo Martínez
Lic. Carmen Polo
Académico Ing. Ricardo A. Schwarz
Académico Ing. Francisco J. Sierra

INGENIERÍA DE LA SEGURIDAD VIAL

RELACIÓN ENTRE LOS CAMINOS Y LA GENTE QUE MUERE EN Y POR ELLOS

Objetivo del informe

El propósito de este informe es ser consecuente con una de las principales misiones de la Academia Nacional de Ingeniería (ANI) y de su Instituto del Transporte (IT): proteger la vida de los usuarios de las obras de ingeniería mediante la difusión de las mejores técnicas posibles al alcance de los ingenieros argentinos, obtenidas mediante el continuo estudio y experiencia práctica, como siempre fue su cometido en sus 40 años de existencia. Las últimas exteriorizaciones fueron los informes técnicos sobre los **posibles muertos** por derrumbes de las ilegales construcciones en altura de la villa 31, y en las excavaciones urbanas realizadas sin adecuada formación y aptitud ingenieril, ni control municipal. En lugar de *posibilidad*, los muertos viales inmediatos y mediatos son una **certeza**, numéricamente mucho mayor, si no se aborda el flagelo como lo que es: un grave y extendido problema de salud pública.

El propósito de los recientes Informes 2011 sobre red de Autopistas y Acceso a la Zona Metropolitana del IT es aportar referencias de técnicas ingenieriles disponibles para solucionar o mitigar problemas de capacidad vial (congestionamientos). Complementariamente trata el mejoramiento de la Seguridad Vial por la gran reducción del número de los temibles choques frontales y consecuentes muertos al duplicar y separar físicamente las calzadas, y porque, según los registros y estudios internacionales, en las autopistas y autovías ocurrirían menos accidentes que en los caminos de dos carriles, por mejores diseños y menor exposición del tránsito (vehículo-kilómetros viajados por año).

Aunque esto último es una incógnita en las autopistas y autovías argentinas, por falta de datos de accidentes, y por la falsa y difundida creencia de que las autopistas y autovías son para andar más rápido, y no tanto para mejorar la seguridad y la capacidad.

Durante los últimos 20 años, los ingenieros especializados en **Ingeniería de Seguridad Vial** perdieron liderazgo y protagonismo en su campo de acción, por razones que sociológicamente habría que investigar, pero el hecho es manifiesto. Entre los factores causantes de este lamentable renuncio ingenieril habría que indagar: a) traspaso de la administración de servicios públicos (transporte y salud pública) a concesionarios con otros intereses y prioridades; b) falta de preparación profesional por el atraso y obsolescencia de los programas de enseñanza universitaria de ingeniería vial en los cursos de grado; c) vetustez y desactualización de las normas de diseño geométrico y recomendaciones sobre seguridad vial, d) disminución de la afición al estudio continuo por falta de incentivos y medios para poner en práctica las novedosas técnicas eficientes de seguridad vial.

Como si fuera una ley física, el vacío fue paulatinamente ocupado por profesionales o diletantes extraños, algunos provenientes de **Educación Vial** y **Control del Tránsito**, supuestamente bien intencionados, pero sin la formación específica necesaria: arquitectos, contadores, abogados, licenciados (?), médicos psiquiatras, periodistas formadores de opinión, ambientalistas, “doctores”, voceros profesionales cultores de la frecuente cita de Luis Xumini, de una frase de Gerald Wilde:

“El tránsito vial, como el fútbol y la política, pertenece a ese selecto grupo de temas sobre los cuales cualquiera, cuando la inspiración lo embarga, siente que puede hablar con autoridad y convicción abrumadora.”

Alcance del informe

El informe centra el foco en las condiciones de seguridad de las **autopistas y autovías**, y de la extensa red de **caminos rurales de dos carriles y dos sentidos**. Son los escenarios de los más frecuentes y graves problemas de seguridad vial, los cuales deberían ser de la mayor preocupación por parte de los organismos viales, para mejorar sus condiciones mediante:

- 1) Evaluaciones *cuantitativas* de la Seguridad Vial para diagnosticar causas (defectos, *prácticas inadecuadas*) y buscar medidas remediadoras.
- 2) Proyectos viales coherentes (acordes con las expectativas de los conductores); y no para que el conductor se comporte como se le antoja al proyectista. Toma de conciencia de que el equilibrio dinámico solo no es suficiente para mejorar la seguridad del movimiento.
- 3) Complemento del válido concepto de la velocidad directriz mediante la comparación con la real velocidad de operación medida en los caminos existentes y adoptada como antecedente estadístico en los proyectos de caminos nuevos; prueba y error, y bucle de retroalimentación para reducir los saltos abruptos de velocidad, resultantes de las incoherencias de proyecto y construcción vial, y antesala de los accidentes.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Estado de situación

Según la Organización Mundial de la Salud, en el mundo mueren por año cerca de medio millón de personas en accidentes viales, a una razón promedio de un muerto por minuto. Las víctimas son conductores y pasajeros de vehículos automotores y de tracción animal, peatones y ciclistas. Entre ellos están sobrerrepresentados los jóvenes entre 18 - 25 años y los mayores de 65, los caminos rurales de dos carriles y dos sentidos, y las curvas e intersecciones de todos los tipos de caminos. Se estima que en los más de 100 años desde la invención del automóvil, en el mundo murieron en accidentes viales unos 40 millones de personas, del mismo orden que la población de la Argentina actual, donde, según fuentes no demasiado precisas por falta de sistematización de los registros, desde la década del 90 hasta ahora el número total de muertos anuales en accidentes viales fluctuó entre 7 y 8 mil personas; un promedio de casi un muerto por hora. Para comprender mejor la gravedad de este problema de salud pública, vale la usual comparación con los muertos en otros medios de transporte; por ejemplo, el accidente de la aviación comercial ocurrido durante el fallido despegue de un avión en el Aeroparque de Buenos Aires el 31 de agosto de 1999, con un saldo de 65 muertos. Si desde entonces hasta ahora, cada 3 días se hubieran repetido accidentes similares en los aeropuertos del país, se habría alcanzado un número total de muertos como los ocurridos en caminos y calles en el mismo lapso. Sencillamente impensable; aun si se hubieran repetido

cada mes o cada año, todas las compañías aéreas habrían quebrado por falta de clientes, y los predios de los aeropuertos se destinarían a otras actividades. En cambio, en los caminos el volumen de tránsito sigue creciendo, y sus trágicas consecuencias están a la par con la guerra o el uso de drogas. Las *razones* posibles de este comportamiento de los usuarios serían: a) conocimiento de que según el cálculo de probabilidades el accidente vial es una posibilidad muy remota para un individuo en particular; b) disposición a asumir los riesgos como tributo a la libertad de elegir cuándo y por dónde viajar, alcanzada desde la invención del automóvil; c) adicción irresistible, casi congénita.



Estadística de muertos entre 2002 y 2007

<http://www.lanacion.com.ar/997366-quince-muertos-en-distintos-accidentes-en-las-rutas>

Como ocurre con los accidentes viales, en el aéreo del ejemplo de comparación hubo causas concurrentes y consecuentes: la mala praxis del piloto muerto, el frecuente mal estado de los sistemas de alarma del avión de la compañía aérea, y la inadecuada disposición y condición de la cabecera de partida de la pista. En el largo juicio que hubo, ¿en qué proporción *justa* podría su señoría deslindar responsabilidades entre piloto-avión-pista? Nadie lo sabe ni lo sabrá. Lo mismo pasa con los accidentes viales, ya que se deben a un conjunto de errores interdependientes, debidos al trío conductor, vehículo, camino (CVC). No obstante, hay casos donde la causa principal es clara y a veces única: *conductor* (inexperto, intoxicado, incorregible violador de normas, desdeñoso de la vida ajena y de la propia); *vehículo* (fallas en neumáticos, freno, dirección); *camino* (incoherencias, falta de zonas despejadas laterales, falta de mantenimiento). Lo mismo ocurre con las causas en los accidente marítimos. Por ejemplo, qué se podría contestar a la pregunta ¿por qué se hundió el Titanic? ¿Fue correcta la decisión del almirante para eludir los témpanos? ¿Eran adecuadas las condiciones de resistencia y estanqueidad del casco? ¿Eran adecuadas las condiciones de la ruta marítima elegida para el viaje?

En los accidentes ferroviarios la asignación de responsabilidades cambia, por ser muy distinta la función y condición de los tres componentes: el maquinista es un profesional experimentado que principalmente debe atender la velocidad del vehículo (equilibrio dinámico) cumpliendo detalla-

dos reglamentos, señales y enclavamientos; el vehículo es guiado por las vías y sometido, junto con las vías, a rigurosas revisiones durante proyecto, construcción y mantenimiento. En un accidente la responsabilidad del maquinista es mínima, mientras que las de vía y vehículo suelen ser interdependientes y podrían asignarse salomónicamente por mitades. Las reglamentaciones son tan rigurosas que hace años, cuando por un conflicto gremial el personal ferroviario quería parar los servicios, sólo tenía que declarar el “trabajo a reglamento”.

Al investigar las causas probables de los accidentes viales no deben esperarse altruistas confesiones de parte, los intereses creados de cada componente del trío CVC se las ingenian para lavarse las manos, sacar partido, e imputarle la culpa a los demás componentes del trío; generalmente se apunta a los conductores, cargados de culpabilidad presunta, y si muertos mejor. Y si no, que demuestren su inocencia, cual inversión de la prueba.

Los operadores viales y sus voceros concuerdan en que sus clientes integran un ‘país con buena gente’, en tanto pasen por la cabina y no tengan la mala fortuna de chocar; entonces se convierten en antisociales monstruos violentos, borrachines y drogadictos. Los camioneros y choferes son el blanco preferido para las precipitadas acusaciones mediáticas.

Es probable que algo sea cierto, muchos argentinos prepotentes suelen sentirse dueños del mundo al comando de un vehículo automotor, pero no todos son así; las generalizaciones son injustas y por lo menos la edad, sexo, educación y genes son comprobadas variables del comportamiento de conducción.

Algunas acusaciones dirigidas hacia los conductores pueden ser un búmeran para quienes las propalan, si se someten al escrutinio del especialista experimentado y perspicaz (quizás perito o auditor), quien, ante hechos y comentarios tales como,

a) *Mordió la banquina*, perdió el control de su vehículo, volcó y se mató. (Un clásico, antes y después de Carlos Monzón, 1.2.02, hasta nuestros días; causa primera del choque reciente entre el camión atravesado en

la calzada de la RN7, Chacabuco, y la combi, con 9 muertos, 6 niños y 3 adultos, 3.11.11)

- b) *Se desvió del carril, atropelló la valla de protección* (sic) del puente, cayó al río y murió ahogado. (RN9-BA Arroyo La Cruz 7.11.11)
- c) *Se desvió de la calzada, chocó contra un árbol* (o poste de señal o iluminación, o cabecera de alcantarilla, o pila o estribo de puente) y se mató. (Miles, en toda las redes, nacional y provinciales)
- d) *Invadió la banquina* exterior de una curva cerrada, *atropelló la baranda de contención*, volcó y resultó herido (Chanchi Estévez, RN9 km 43, 11.9.02)
- e) *El chofer violó las señales de la barrera automática*, la atravesó y el ómnibus fue atropellado por el tren a Mar del Plata con un saldo de 18 muertos. (Paso a nivel con barreras Los Parrilleros RP63-BA, 9.3.08)
- f) *Atropelló el extremo de la baranda de puente a excesiva velocidad*, el auto se partió en dos, tres jóvenes ocupantes cayeron al vacío y murieron instantáneamente. (RN9, Puente Ford 14.9.08),

indagará, medirá o calificará (además del alcohol en sangre, validez del registro, etc.; antigüedad y estado del vehículo, cinturón de seguridad, bolsa de aire, etc.) por lo menos las siguientes condiciones del camino, en el orden del listado anterior:

- a) Profundidad del descalce o caída de borde de la interfaz calzada/banquina; origen.
- b) Ancho y condición de la banquina, nivel de prueba TL de la baranda, distancia entre postes, longitud de postes, altura sobresaliente, uso o no de bloque separador, continuidad estructural y geométrica entre barandas de distinto tipo, velocidades directriz *vs.* máxima señalizada, alineamiento planialtimétrico, condición del pavimento, visibilidad.
- c) Distancia transversal del obstáculo al borde de calzada, condición de la banquina y taludes
- d) Pendiente transversal de la banquina (igual o contraria que la calzada peraltada), radio de curva y velocidad máxima señalizada; nivel de prueba de la baranda, pendiente y condición de los taludes de terraplén, perfil de cuneta.
- e) Cumplimiento de los Reglamentos oficiales sobre las condiciones de los cruces ferroviarios en función de la categoría de camino y ferrocarril.

f) Velocidad señalizada, velocidad directriz y velocidad máxima segura de la curva vertical en el puente según proyecto, y verificación mediante relevamiento; transición geométrica y estructural entre baranda flexible de acceso y rígida de puente. Evaluación de las probables consecuencias del choque si se hubiera respetado la velocidad máxima señalizada, en lugar de excederla.

Ante campañas de desinformación como las señaladas, no es de mala fe suponer que los destinatarios principales de estas declaraciones **anteriores al informe policial y de los peritos** sean los jueces, para condicionarlos mediáticamente ante eventuales juicios de responsabilidad civil o penal. Afortunadamente, se advierte una sana tendencia de los eventuales destinatarios por estudiar la legislación comparada y abreviar en el tratado del Dr. Ing. John Glennon (EUA) sobre *Defectos (Diseños) Viales y Responsabilidad Civil por Daños*. Quizás la tendencia haya comenzado desde que se interesaron por las conferencias del XV Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito del 2009 en Mar del Plata, sobre todo cuando en su exposición sobre diseño y seguridad vial, el ingeniero español Jacobo Díaz Pineda comenzó marcando la cancha con este párrafo:

*Si alguien está convencido de que el 90% de los accidentes viales es responsabilidad del conductor, el 5% del camino y el 5% restante del vehículo, creo que no hay nada que hacer en el camino. Este discurso tradicional con el que trabajamos tantos años es un **discurso obsoleto, inútil, que nos llevó a la ineficacia absoluta** (...) En muchos casos, las decisiones erróneas del conductor son forzadas por un mal diseño o diseño no perfecto. Y ese diseño no perfecto, ese diseño no adecuado, causa la decisión equivocada. Lamentablemente, en caminos, error o decisión equivocada quiere decir accidente, y lamentablemente accidente y seguridad pasiva baja quiere decir muertos o, en su caso, lesionados de diferente grado.*

Desde varios años antes y por conceptos del mismo tenor, en la Argentina se cumple la sentencia bíblica sobre 'profetas y tierras'; ya en 1937 nuestro ingeniero Pascual Palazzo nos dejó esta enseñanza pronto olvidada:

*No hay sino un medio de evitar los accidentes en los caminos, es **hacer que sean improbables**, pero no improbables para una especie ideal, inexistente, de conductores (...) sino para los hombres tal cual son (...) en las diversas circunstancias de la vida diaria.*

Y se podrían citar a numerosos investigadores, especialistas, proyectistas que se expresaron con sobrados fundamentos en el mismo sentido: Stonex, Hauer, Leisch, Ogden, Xumini, Rocci,... y el alemán Ruediger Lamm (1937-2005), quien retóricamente preguntó con concisión y contundencia argumental:

En tanto la mayor parte de los accidentes se atribuyen a errores de los conductores, ¿por qué entonces tantos conductores cometen los mismos errores en los mismos lugares de la red vial? Los 'puntos negros' () de los accidentes no son inventos.*

Y además la imperdonable omisión de poner en práctica las enseñanzas del ingeniero Julio Gonzalo Bustamante, Profesor Consulto de la UBA, en el Seminario sobre Seguridad Vial organizado por la Asociación Argentina de Carreteras, del que se cumplieron 30 años durante la Semana del Camino de octubre pasado. Para citar con justicia su trabajo '*Elementos del Diseño Geométrico desde el Punto de Vista de la Seguridad*' por lo menos habría que copiar las 28 páginas del resumen escrito, publicado por la AAC.

Por razones de espacio, sólo un párrafo:

Si es interés de los poderes públicos minimizar en lo posible en nuestro país el triste tributo de los accidentes de tránsito, deben actuar sobre los tres elementos: sobre el humano mediante la educación vial del público en general (...); sobre los vehículos, ejerciendo el indelegable poder de policía del que son responsables (...); y sobre el camino, pro-

(*) En las primeras décadas del siglo 20, en las oficinas de Tránsito de la policía se marcaban con un lápiz negro en un plano mural de la jurisdicción los puntos de ocurrencia de choques mortales. En los lugares de concentración de accidentes el punto negro crecía en tamaño, hasta ser un círculo negro.

yectándolo, construyéndolo y manteniéndolo con las más avanzadas técnicas del diseño geométrico y de la accidentología para que no se constituya en un factor desencadenante o agravante del accidente.

Evidentemente, las semillas esparcidas por don Julio siguen en los predigales oficiales, junto con varios artículos de la Ley de Tránsito y Seguridad Vial 24.449, especialmente en los que se advierte la influencia de las tesoneras y eruditas prédicas de los ingenieros Rafael Balcells, Roberto Gorostiaga, Mario Leiderman, y otros ingenieros verdaderamente preocupados por la Ingeniería de Seguridad Vial.

Afortunadamente, el optimismo renace al comprobar que corporaciones rectoras de la Seguridad Vial en la Argentina, que de buena fe -pero sin pruebas valederas- hace pocos años editorializaban:

“parece demasiado simple plantear un alto grado en la accidentalidad a los operadores del sistema de transporte y la infraestructura (...) En el caso particular de la infraestructura vial tanto en ciudades, como áreas rurales, sobre las cuales tenemos un amplio conocimiento y estudios, no podemos sino asignarle una proporción pequeña en esta situación”,

ante incontestables evidencias, ahora lealmente reconozcan:

“la necesidad de definir una política de caminos rurales y dar un salto de calidad de nuestras calles y caminos y servir al país y sus habitantes. Calidad que contiene el compromiso con la seguridad vial en sus diversos aspectos”.

Además del grave problema social y de salud pública de los accidentes viales, también lo es el económico. Teniendo en cuenta el número de muertos, número y gravedad de heridos y valor de los daños materiales, para los países en desarrollo como el nuestro se estima un costo anual del orden del 2% del PBI. Esto tendría que haber cambiado favorablemente si se hubieran cumplido -siquiera en parte- los frecuentes anuncios oficiales que -en función de los “frutos”- pueden tildarse desde meramente voluntaristas o gatopardistas, hasta demagógicos y aun hipócritas o mentirosos: planes

estratégicos, tramos experimentales, operativos vuelo de perdiz, año de la Seguridad Vial, promesas desde el atril del 10 de junio...

Ante la crítica por incumplir lo prometido, la excusa preferida es el falso concepto de que las obras de mitigación de los accidentes viales son *costosas*, de baja relación B/C. Claro, porque en las evaluaciones económicas omiten tener en cuenta los costos de los accidentes, o los beneficios para toda la sociedad por su procurada reducción. Es insensato y antisocial sólo mostrar preocupación (o fingirla) por los costos “*para la Repartición*”, y despreocuparse de los beneficios para toda la sociedad.

*“Las modernas herramientas técnicas tolerantes del error humano para diseñar calles, caminos y vehículos ya están extensamente investigadas y experimentadas en el mundo.
La Argentina puede sacar provecho de estos antecedentes y comenzar a diseñar sistemas más seguros.”*

Lic. Gonzalo Herrera Gallo - Revista La Ingeniería, CAI, 2009

1.2 Medios de mitigación de los accidentes viales

1.2.1 Definiciones básicas

Seguridad Vial

- Acciones para reducir los accidentes viales y sus consecuencias.
- La efectividad de las acciones se mide por la reducción del número de muertos, número y gravedad de heridos y monto de daños materiales (Seguridad Sustantiva), y no tanto por el grado de sujeción a normas o creencias populares (Seguridad Nominal).
- Comprende **Ingeniería, Educación y Control** (las 3 E inglesas) aplicadas a tres sujetos: Camino (estático) + conductor (humano)+vehículo (dinámico)
- Pertenece al amplio campo de la Salud Pública.

Diseño geométrico

- Diseño de las características visibles del camino

1.2.2 Organismos responsables

Ingeniería

- Facultades universitarias especializadas en ingeniería vial y de tránsito, y mecánica automotriz
- Organismos viales nacional, provinciales y municipales

Educación

- Ley 24.449: Consejo Federal de Seguridad Vial (Art. 6-7); Educación Vial (Art. 9); Clases (Art. 83); Capacitación de funcionarios (Art. 91)

Control

- Ley 26.363: Ministerio del Interior, Agencia Nacional de Seguridad Vial (concientización, prevención, control y sanción en material vial).
- Policías de Tránsito, Gendarmería

2 ANTECEDENTES DE LA SEGURIDAD VIAL

Los complejos sistemas de transporte vial actuales representan las necesidades de movilidad y seguridad de los países, y tienen antecesores que se remontan a milenarias civilizaciones antiguas: Asiria, Egipto, Roma.



Desde entonces y en mucho mayor grado desde la invención y difusión de los ferrocarriles y automóviles, los ingenieros en transporte se especializaron en diseñar vías eficientes y seguras, según el tipo de vehículo. Los conocimientos sobre Seguridad Vial evolucionaron desde el *red flag man* hasta el Manual de Seguridad de AASHTO, 2010; y el proceso sigue en los países desarrollados.

2.1 Principios Siglo 20

Los primeros ingenieros proyectistas viales provinieron del campo ferroviario; pronto advirtieron el efecto de las diferencias notables entre el ferrocarril y los caminos: vehículo guiados por vías sin elección de trayectorias por parte del maquinista, menores pendientes máximas admisibles, no adelantamiento, poca importancia de la dis-



tancia visual adelante, profesionalidad del maquinista, horarios,... todo lo cual se tradujo en normas de diseño vial distintas de las ferroviarias. También hubo conciencia de la íntima relación entre el diseño de las características *visibles* y la seguridad vial. La *distancia visual adelante del conductor* fue de prioritarios interés, y sigue siendo de valor sustancial. Por falta de antecedentes registrados no se podía cuantificar la seguridad sobre la base de los muertos, heridos y daños materiales, por lo cual se recurrió al buen juicio ingenieril, conjeturas razonables y variables sustitutas. Por ejemplo, la conjetura del ingeniero norteamericano Taragin para determinar el *ancho más seguro* de la calzada de dos carriles y dos sentidos; observó rigurosamente el comportamiento de los conductores al cruzarse en calzadas de anchos diferentes y conjeturó que el ancho buscado sería el que no causara *la pulsión de los conductores a separarse más al cruzarse sus vehículos* (variable sustituta). Taragin determinó así anchos entre 6,7 y 7,3 m (22 y 24 pies), valores validados por los estudios estadísticos posteriores que relacionaron los anchos con la gravedad y frecuencia de los choques registrados.

2.2 Mediados Siglo 20

Un gran salto cualitativo de la teoría fue el concepto de la Velocidad Directriz (VD), o de diseño, a pesar de que definición inicial (velocidad máxima *segura*, vehículo en *buen* estado, conductor de *habilidad media*, *buenas condiciones* climáticas, *bajo volumen* de tránsito, *libertad* y *condiciones* para mantener velocidades uniformes durante largas secciones) dejaba al proyectista muchas dudas sobre el alcance y cuantificación de la mayoría de los adjetivos empleados: *segura*, *bueno*, *bajo*, *uniforme*... Actualmente, algunos investigadores y proyectistas cortan por lo sano y la definen simplemente como *la velocidad usada para diseñar un camino*.

En los años 60, como resultados de sus experiencias en el Campo de Pruebas de la General Motors, del cual era Director, el ingeniero Kenneth A. Stonex llegó a estas conclusiones:

- Hasta el conductor más experto, atento y cuidadoso de su vida y del prójimo puede salirse involuntariamente de la calzada e invadir la franja lateral;

- La salida desde la calzada de un vehículo solo, (*run off road, ROR*) es propio de la falible naturaleza humana, y no exclusiva del *tontito* al volante.
- Con una **zona despejada** (*clear zone*), libre de obstáculos fijos y condiciones peligrosas de 9 m (30 pies) de ancho, el 85% de los conductores de los *vehículos desviados* podrían recuperar el control de su vehículo, volver a la calzada o detenerse.

Junto con la **duplicación y separación física de las calzadas**, estas conclusiones son la base de las principales medidas mitigadoras de los accidentes adoptadas por los países líderes en ISV.

2.3 Años 80/90

En Alemania se revisó críticamente el concepto de la velocidad directriz, principalmente porque en los tramos planialtimétricos rectos carecía de aplicación y difería notablemente de la velocidad deseada por los conductores. La VD es insensible respecto de rectas y sección transversal; se usa para diseñar las curvas según el equilibrio dinámico entre las fuerzas activas (Peso + Fuerza Centrífuga) y las reactivas (Fricción + Peralte). Dado que para el equilibrio dinámico se adoptan rangos de validez para la fricción y el peralte, resulta que para los radios también resultan rangos de validez para la misma velocidad directriz (supuesta la máxima *segura*). Por ejemplo, para un peralte máximo del 8% y una velocidad directriz de 100 km/h, el rango de los radios (dominio de diseño) variaría entre $R = 400$ m (8%) a 740 (-2%) m, $f_{l\text{máx}}$ (*), teóricamente igual de seguros (equilibrio dinámico).

Además se asumía que la VD del tramo era la correspondiente a la de la curva más restrictiva, así fuese la única en un tramo; por ejemplo VD = 60 km/h para todo un tramo de 30 km con una sola curva de $R = 120$ m, $e = 8\%$, $f_{l\text{máx}}$ (*).

Este concepto no fue confirmado por la realidad; la estadística muestra que a igualdad de equilibrio dinámico para una dada VD, los accidentes se concentran en las curvas de menor radio (se piensa en la recta como una curva de radio infinito). Tampoco son iguales las velocidades reales de ope-

ración en curvas de la misma VD y radios diferentes, desde el radio mínimo hasta el de la recta.

Se comprobó que los *puntos negros* se concentran en las curvas de menor radio y en las intersecciones a nivel.

2.4 Finales del Siglo 20

El concepto de velocidad directriz y equilibrio dinámico (Newton, D'Alembert) es contrastado y complementado según el comportamiento real del tránsito y datos de accidentes. La Estadística complementa a la Dinámica y resurgen o surgen como referentes diferentes nombres: Poisson, Bayes, y sus intérpretes: ingenieros Leisch, Hauer, Zeeger, Krammer, Lamm, ...

El desarrollo de la computación permite manejar con métodos y técnicas estadísticas grandes bases de datos de diseño geométrico, velocidades e informes de accidentes, lo cual a su vez facilita el desarrollo de modelos matemáticos de regresión para **medir** la seguridad en función del diseño geométrico, más la contribución de profesionales estudiosos del comportamiento humano. Gradualmente se pasa desde los enfoques cualitativos/subjetivos, a los cuantitativos/objetivos; desde creencias, algunas folclóricas o míticas, hacia *certezas* científicas.

3 RELACIONES ENTRE DISEÑO GEOMÉTRICO Y ACCIDENTES

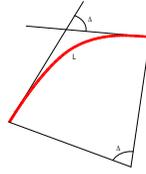
3.1 Curvatura media

La curvatura media C_m de un arco es el mejor *valor estadístico* que relaciona el alineamiento horizontal con la seguridad vial (muertos+heridos+daños materiales).

La secuencia de la relación es:

Velocidad directriz → Curvatura media → Velocidad real → Accidentes

Vale la pena repasar algunos conceptos de Cálculo Diferencial e Integral (Granville, Cap. X), quizás olvidados por falta de aplicación.

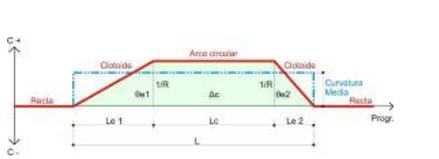


- La curvatura media C_m de un arco es igual a la relación entre el ángulo de desviación Δ de las tangentes extremas y la longitud L del arco. Las unidades prácticas para Análisis son rad/m; para el Diseño vial: gon/km, °/km (°)(**)
- La curvatura media de una circunferencia de radio R es igual a la curvatura media de cualquiera de sus arcos = $1/R$ rad/m. La curvatura de una circunferencia es constante.
- La curvatura en un punto de una línea continua plana cualquiera es igual a la curvatura del círculo osculador (determinado por el punto dado y sus dos puntos inmediatos e infinitamente próximos), en el punto dado.
- Curvatura media C_m de los elementos básicos del alineamiento horizontal:

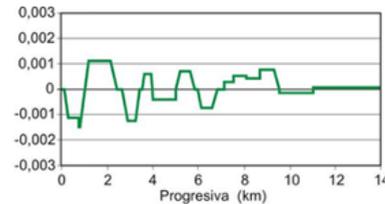
Recta: $C_m = 0$
 Arco Circunferencia: $C_m = \text{constante}$
 Clotoide: $C_m = c \times L$ (lineal)

Gráfico de curvatura

Curva con transiciones Tramo/sección



En la escala de superficie, la cámara sombreada representa el ángulo de desviación $\Delta = Le1 + Lc + Le2$ de una curva circular con transiciones.



(°) Ángulo al centro de una circunferencia: 2π radianes = $360^\circ = 400$ gon;
 (gon = gonio = ángulo centesimal)
 (**) Factores de Conversión: $1 \text{ rad/m} \approx 57300 \text{ °/km} \approx 63700 \text{ gon/km}$

- C_m de un elemento i del alineamiento horizontal
 $C_{mi} = \pm \Delta_i / L_i$
- C_m de una sección del alineamiento Horizontal
 $C_{mi,n} = \sum |\Delta_i| / \sum L_i$ (Curvas + Rectas)
- Terminología europea
 $C_{mi} = CCRs = \text{Change Curvature Rate Single Curve}$, [gon/km]
 $C_{mi,n} = \emptyset CCRs$ [gon/km]
- Criterio alemán para clasificar el diseño geométrico en función de la seguridad vial:

$\emptyset CCRs$ [gon/km]	Diseño
0 – 180	Bueno
180 – 360	Tolerable
> 360	Pobre

3.2 Velocidades relevantes

3.2.1 Velocidad directriz (de diseño)

La velocidad directriz VD (llamada también velocidad de diseño) es la máxima del diseño que el proyectista considera segura y que querría fuera adoptada por todos los conductores. No siempre, o nunca, ocurre así, pero sirve para el *prediseño planialtimétrico* el cual se ajusta según las velocidades reales que según datos antecedentes prefieren y eligen mayoritariamente los conductores en las distintas combinaciones de los elementos de diseño geométrico, longitudinales y transversales.

3.2.2 Velocidad de operación (deseada)

Las velocidades reales de los conductores se miden en los diferentes elementos geométricos de los caminos existentes y se conjetura que los comportamientos se repetirán en las combinaciones similares de los proyectos; son datos y referencias *antecedentes* del comportamiento de los conductores ante la vista del camino.

Tal velocidad se designa velocidad de operación, VO. Para aislarla de otros factores que influyen sobre ella, además de las características visibles. Se la mide en condiciones normalizadas, convenidas:

- Flujo libre; nivel de servicio A o B, intervalo entre vehículos ≥ 5 s
- Operación diurna con buen tiempo (sin niebla, lluvia, vientos fuertes, o polvaredas)
- Calzada húmeda y limpia
- Sólo vehículos de pasajeros (automóviles, combis, vans, utilitarios, camionetas)
- Estaciones de medición en puntos singulares de elementos geométricos; operador oculto, no advertido por los conductores
- Por lo menos 200 muestras por estación de medición.

Como valor representativo de la VO en cada estación se conviene en adoptar el del 85º percentil; es decir, valor sólo superado por el 15% de las velocidades medidas, VO85.

En relación con la seguridad vial, la velocidad de operación VO85 es el *mejor valor estadístico* del tránsito vial; resulta de la *elección democrática* de los usuarios.

3.2.3 Velocidad máxima legal (permisible, señalizada)

Según los tipos de caminos y de vehículos, la velocidad máxima legal es la normada en la Ley 24.449, (Art. 51, 52). Es el límite máximo de la velocidad señalizada en un camino existente, visible para informar al conductor. La velocidad señalizada NO debe superar la velocidad directriz (o la velocidad máxima segura si se ignora la directriz por razones de antigüedad) de la sección de camino existente.

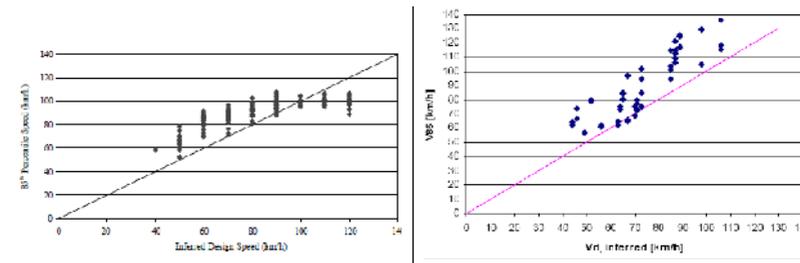
3.3 Relaciones estadísticas

La única verdad es la realidad; en el diseño vial la realidad se aprecia recurriendo a mediciones y demás técnicas estadísticas, con las que por regresión se obtienen modelos matemáticos de diferentes grados de error según el número y bondad de los datos, y válidos para las muestras estu-

diadas. Las fórmulas finales pueden abrumar al proyectista, si, como es habitual, el especialista matemático exagera con los decimales de las expresiones de *mejor ajuste*. Generalmente es vano tratar de conocer el *porqué* de las expresiones; al final sólo son expresiones más o menos ajustadas de una tendencia de la realidad vista con anteojos ahumados; no la *revelación* de la verdad. Literalmente: Es lo que *hay*.

3.3.1 VO85 – VD

Las relaciones estadísticas entre VO85 y VD varían según el lugar (país, región, tramo, elemento), calidad del muestreo, y rangos de velocidad. En los países sajones la tendencia mayoritaria es que la VO85 sea mayor que la VD hasta unos 90 km/h, y menor en adelante, hasta una VD de 130 km/h. En cambio, en los latinos como Italia, para cualquier rango la VO85 supera la VD. Según algunos registros de la DNV cuyas condiciones se ignoran, la VO85 de los conductores argentinos superaría la VD, aún más que los colegas italianos.



Ejemplo de país sajón

Ejemplo de país latino

3.3.2 VO85 – Cm

Para el agrado del proyectista, la relación de mejor ajuste hallada por regresión entre la VO85 y la curvatura media Cm es lineal; del tipo:
 $VO85 \text{ [km/h]} = a - b \times Cm \text{ [gon/km]}$

Ejemplos:

EUA $VO85 \text{ [km/h]} = 94 - 0.05 \times Cm \text{ [gon/km]}$

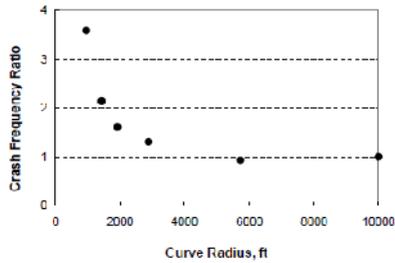
Australia $VO85 \text{ [km/h]} = 101 - 0.075 \times Cm \text{ [gon/km]}$

3.3.3 VO85 – longitudes rectas

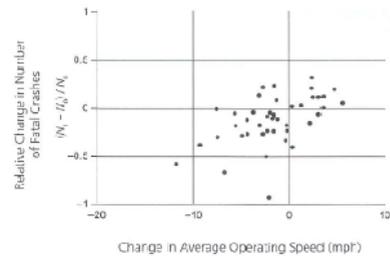
La recta influye sobre la VO a partir de determinada longitud, y entonces se considera un elemento geométrico individual denominado *recta independiente* (larga). Por el contrario, la recta corta que no influye en la VO se denomina -con doble negación- *recta no-independiente*.

Generalmente, las longitudes de las rectas independientes son mayores que unos 100 m.

3.3.4 R – frecuencia choques



3.3.5 ΔVO85 – ΔChoques mortales



3.4 Aplicación práctica de las relaciones estadísticas

Con la VD de prueba y el concepto del equilibrio dinámico en curva se diseña y calcula el alineamiento planimétrico con rectas, curvas circulares

y de transición. Luego se calculan las curvaturas medias C_m y las resultante VO85 según los antecedentes estadísticos de tales elementos geométricos. Entre los elementos geométricos sucesivos se calcula $\Delta VO85$ (diferencia entre VO85).

La experiencia demuestra que los saltos de velocidad entre elementos geométricos sucesivos se deben a reacciones del conductor ante situaciones imprevistas, según su experiencias *a priori* y *ad hoc*, en especial del conductor foráneo, y no del diario al ir a trabajar (*commuter*).

El fenómeno se denomina *violación de las expectativas* del conductor; el valor del salto de VO es proporcional al grado de violación de las expectativas, y según cuál fuere, el conductor puede llegar a perder el control de su vehículo, salirse de la calzada, invadir el carril de sentido opuesto o el costado derecho, y protagonizar un choque frontal o contra un objeto fijo, o transitar por una condición no traspasable y volcar, con costos proporcionales a la frecuencia y gravedad de los choques. En forma diagramática:

VD ↓ Prueba

C_m ↓

Alineamiento

VO85 → $\Delta VO85$ ↓

Comportamiento

Δ Choques → Δ Costo ↓

VD → C_m → Δ Choques

Las $\Delta VO85$ altas para VD constante reflejan que el alineamiento horizontal no se adecua a las expectativas *ad hoc* o *a priori* del conductor, quien se sorprende por inesperadas características visibles del camino llamadas **incoherencias**.

La secuencia permite al proyectista ajustar el alineamiento para disminuir las $\Delta VO85$ a valores inocuos que no necesariamente deben ser nulos. Puede actuar sobre la geometría modificando radios, número de curvas, longitudes de rectas... o modificando la VD.

El proceso manual es laborioso y lento, conceptualmente conocido en los años 30' por los proyectistas de las autopistas alemanas, dirigidos técnicamente por el ingeniero Hans Lorenz, cuyos conceptos enseñó en los 60' el ingeniero Federico Rühle durante sus cursos en la EGIC, de la UBA-DNV.

Con los adelantos de las computadoras y programas viales, el trabajo de ajuste del bucle de retroalimentación se simplifica notablemente, y demora pocos minutos.

4 COHERENCIA DE DISEÑO

De especial interés en el diseño geométrico vial moderno es la “Coherencia de Diseño”, lo cual significa que la velocidad directriz (VD) se mantendrá constante a lo largo de secciones viales largas, en armonía con el comportamiento real del conductor expresado por la velocidad de operación del

4.1 Concepto

Un diseño coherente armoniza con los deseos del conductor de transitar en flujo libre a una VO constante a lo largo de sucesivos elementos geométricos: rectas, curvas circulares y de transición.

4.2 Rangos

Por razones prácticas se establecen rangos de los saltos de velocidades que influyen en la calidad del proyecto desde el punto de vista de la seguridad. El pionero del concepto fue el ingeniero Jack E. Leisch, quien por carecer de datos de velocidades de operación, utilizó la velocidad directriz o la velocidad máxima segura.

4.3 Criterios de Seguridad de Lamm

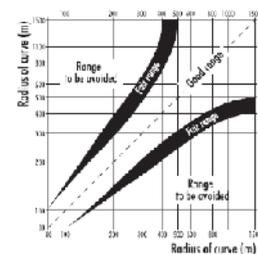
Los criterios de seguridad (CS) de Lamm consideran las diferencias de velocidad directriz y de operación para elementos geométricos aislados (CS I), diferencias de velocidad de operación de elementos sucesivos (CS II), y

diferencias de la fricción lateral en curvas, entre la realmente demandada y la de proyecto (CS III).

Criterio de Seguridad I	CS I	Función de $ VD_i - VO_{85i} $
Criterio de Seguridad II	CS II	Función de $ VO_{85i} - VO_{85i+1} $
Criterio de Seguridad III	CS III	Función de $ ftd - ftp $

Las guías alemanas recomiendan rangos de diferencias de velocidades para CS I (20 km/h) y para CS II (10 km/h). Lamm califica la seguridad del elemento aislado o elementos sucesivos como Bueno, Tolerable y Pobre.

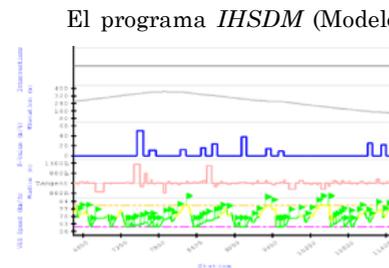
4.4 Diseño según relaciones de curvas sucesivas



Como consecuencia de las relaciones estadísticas consideradas en el Criterio de Seguridad II de Lamm, pueden elaborarse gráficos R_i, R_{i+1} de los radios de dos curvas sucesivas. El punto caerá en una zona sombreada, calificada como buena, tolerable o pobre. Las rectas se suponen como curvas de radios de unos 1500 o más m. El gráfico es aplicable como guía para el lugar donde se registraron y correlacionaron estadísticamente los datos geométricos, de velocidades de operación y de accidentes. Lamm desarrolló y publicó gráficos para Australia, Canadá, Alemania, Grecia, El Líbano, EUA. Por falta de datos y procesamiento se desconoce si alguno resultaría práctico para usar en la Argentina.

Como consecuencia de las relaciones estadísticas consideradas en el Criterio de Seguridad II de Lamm, pueden elaborarse gráficos R_i, R_{i+1} de los radios de dos curvas sucesivas. El punto caerá en una zona sombreada, calificada como buena, tolerable o pobre. Las rectas se suponen como curvas de radios de unos 1500 o más m. El gráfico es aplicable como guía para el lugar donde se registraron y correlacionaron estadísticamente los datos geométricos, de velocidades de operación y de accidentes. Lamm desarrolló y publicó gráficos para Australia, Canadá, Alemania, Grecia, El Líbano, EUA. Por falta de datos y procesamiento se desconoce si alguno resultaría práctico para usar en la Argentina.

4.5 Módulo Coherencia del IHSDM



El programa *IHSDM* (Modelo Interactivo para Diseñar Caminos Seguros) de la FHWA incluye el módulo *Design Consistency* (Coherencia de Diseño) que sobre la base del diseño del alineamiento planimétrico analiza el perfil de la velocidad de operación VO85 en función de las progresivas, según ecuaciones obtenidas por regre-

sión estadística. Por defecto se basa en una voluminosa base de datos aportados por varios estados de los EUA, pero las ecuaciones se pueden personalizar. Según los saltos de la VO85, en la pantalla aparecen avisos de advertencia para el proyectista en forma de texto, colores o banderas coloreadas en los sectores donde se detectan saltos peligrosos. También puede sugerir medidas remediadoras. En la Argentina se tiene conocimiento de iniciativas y esfuerzos para adaptar el módulo a nuestra realidad (EICAM, UNC, IET).

4.6 Manual de Seguridad Vial (HSM) – AASHTO 2010

El Manual de Seguridad Vial de AASHTO 2010 es un salto cualitativo en la búsqueda de las necesarias *estimaciones cuantitativas* del desempeño de seguridad de los estudios y decisiones de proyecto; y de estimaciones más fiables para tomar decisiones de mayor efectividad-de-costo. El caso particular (alineamientos, secciones transversales) se analiza y compara con diseños básicos establecidos por un equipo de expertos. De la comparación se obtienen coeficientes que en definitiva *miden* la eficiencia del diseño propuesto; las estimaciones se basan en buena ciencia e investigación y mejoran gran parte de la práctica actual, equilibran la seguridad según simboliza la figura, y complementan las normas de diseño.



4.7 Seguridades Nominal y Sustantiva

Como en ciertas discusiones sobre legalidad y justicia, teoría y práctica, virtual y concreto, creencias y ciencia..., la seguridad vial puede calificarse como formal y real, como nominal y sustantiva.

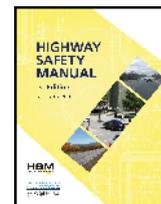
Seguridad Nominal: examen de las condiciones de seguridad de un proyecto o camino existente según el grado de cumplimiento de normas, términos de referencia, órdenes, guías y procedimientos de diseño generales y promulgados por el organismo vial a través de sus expertos. El cumplimiento irrestricto, sin excepciones, hará que el camino proyectado o existente *se acepte* como seguro.



Los proyectistas y revisores se ajustan a listados, gráficos y tablas generales, más que a las condiciones del proyecto particular; en la práctica actúan como si desconocieran que todos los caminos o sus proyectos son distintos, y que pueden surgir situaciones nunca vistas antes, y que por eso las normas en uso no las tuvieron en cuenta. Si ocurre un accidente grave después de construido el proyecto, los peritos judiciales auxiliares del juez lo primero que investigarán es el cumplimiento o no de la norma, independientemente de su antigüedad o desactualización, y sobre esa base suelen sentenciar los jueces.

Entonces, por cuestiones de responsabilidad civil, la seguridad nominal es insoslayable para el proyectista y el organismo vial, y los apartamientos de la norma o *excepciones de diseño* deben justificarse y documentarse muy bien y, si es necesario, complementarlas con medidas compensatorias adicionales para *no disminuir la seguridad*, principio básico de toda excepción de diseño.

Seguridad Sustantiva: medición de las condiciones de seguridad de un proyecto o camino existente tomando como vara el número y gravedad de los accidentes (muertos+heridos+daños) reales, o previstos sobre la base de datos cuidadosamente registrados de accidentes reales, escogidos como antecedentes.



5 SECCIÓN TRANSVERSAL Y ZONA DESPEJADA LATERAL

Las características geométricas de la sección transversal que más influyen sobre la seguridad de los caminos son desde antiguo:

- Ancho y condición de la calzada
- Ancho y condición de las banquetas

Por razones puramente económicas de construcción y explotación, habida cuenta de los costos de los accidentes, las dimensiones de los elementos geométricos de la sección transversal se diseñan dentro de rangos normalizados según criterios económicos: topografía y volumen de tránsito.

Desde un punto de vista purista, ideal, un carril de 2,7 m es peligroso cualquiera que sea la topografía y el volumen de tránsito. De nuevo, la escasez obliga al ingeniero a asignar los recursos con criterios de eficiencia económica. Un carril de 3,6 m será más seguro y caro de construir que el de 2,7 m, y lo *ideal* sería adoptarlo siempre independientemente de la *exposición* (longitud x volumen de tránsito); sin embargo, en el mundo real, sólo los beneficios acumulados para un TMDA alto compensarán los mayores costos.

Hasta hace pocos años la función principal de la banquina era proveer un espacio apto al costado de la calzada para la detención temporaria de los vehículos descompuestos (pinchaduras, recalentamientos); con los grandes progresos de la industria automotriz moderna ahora es mucho menos frecuente la necesidad de usar la banquina por problemas del vehículo. Por otro lado, desde las conclusiones de Stonex (Sección 2.2) la banquina cobró importancia como parte de la **zona despejada lateral**, apta para la recuperación de los vehículos desviados. Su pavimentación, aunque sea en un ancho de 50 cm, contribuye significativamente para la recuperación del más del 50% de los vehículos desviados, controla la caída de borde de pavimento y facilita la construcción de franjas sonoras de borde, para alertar sonora y táctilmente al conductor adormilado de una inminente salida desde la calzada, con relaciones B/C comprobadas del orden de 100 para arriba.

En las dimensiones de los elementos de la sección transversal no hay diferencias notables entre las normas de distintos países. La relativa novedad es la demostrada mayor importancia para la seguridad de la **pavimentación total o parcial de la banquina**, mayor de la que se creía, y de beneficio mayor que ensancharla, a igualdad de costos.

En orden de racionalidad para disminuir los peligros de los *objetos fijos* a los costados de la calzada, las acciones lógicas son las tendientes a:

- Mantener a los vehículos en la calzada
 - Distancias de visibilidad, coherencia de los alineamientos, coordinación planialtimétrica

- Señalización, marcación, delineación del pavimento, franjas sonoras de borde y eje
- Proveer una zona lateral despejada de objetos fijos (árboles, postes, pilas, estribos, teléfonos SOS, barandas, cabeceras de alcantarillas,...) y condiciones peligrosas (taludes empinados, desparejos,...; cunetas no traspasables, ...)
 - Retirar, alejar, modificar objetos, aplanar taludes.

Ante la imposibilidad técnica o económica de las acciones listadas, como último recurso y con tal que su *comprobada peligrosidad* sea menor que la del obstáculo o condición lateral, interponer una **baranda de contención y redirección**, las cuales no son una opción indudable de seguridad vial; en sí mismas son peligrosas y sólo se justifican si las consecuencias para un vehículo que las choque fueren menos graves que chocar el obstáculo detrás, o transitar por una condición peligrosa; p.ej., talud empinado. Su instalación debe siempre revisarse con espíritu crítico y realizarse adecuadamente. Son costosas de instalar y mantener.

En los últimos años, los organismos viales de los países líderes en seguridad vial están abandonando la masiva instalación de barandas y el concepto anterior promocionado por los fabricantes de que eran la panacea para todos los males, y que por ello las llamaban *de seguridad*. El enfoque actual es más saludable; promueve una realista evaluación de los costos comunitarios y de investigación de tratamientos alternativos para eliminar las barandas donde fuere posible. Estudios realizados en los EUA determinaron que después de instalar una baranda longitudinal -aun justificada fehacientemente- la gravedad de los accidentes puede disminuir, pero puede aumentar su frecuencia dado el menor espacio disponible para recuperar el control y volver al camino. No hay forma de análisis para determinar *con precisión* si se necesita baranda en una situación dada. Las guías desarrolladas deben complementarse con la buena práctica.

En sí, la baranda de *protección* es un peligro y no debe instalarse a menos que reduzca la gravedad de los accidentes; deben instalarse en forma discriminada, y sólo cuando no sea posible eliminar, reubicar o mejorar la situación peligrosa, y se determine fehacientemente que el riesgo de chocar contra el objeto fijo es mayor que el de chocar la baranda. Mucho más que una *práctica inadecuada*, es una aberración instalar barandas laterales en función de barricadas, porque impiden al conductor maniobras de elusión de obstáculos en la calzada, o desvíos hacia una zona lateral libre, de otra forma despejada de obstáculos fijos, apta para recuperación del control del vehículo.

Neblinazo en Ezeiza – Cañuelas; *Tierrazo* en Rosario – Córdoba;... Acceso Oeste, Ramal Pilar...



6 CONTRAMEDIDAS EFICACES DE INGENIERÍA DE SEGURIDAD VIAL – RESUMEN

6.1 Postulados básicos

- No hay caminos seguros, sólo caminos *más o menos* seguros.
- La alta velocidad no mata; la alta ΔV sí
- Los beneficios de la Seguridad Vial son los ahorros en vidas, heridos y daños materiales.
- Los diseños según las normas tienen un impremeditado nivel de seguridad.

6.2 Contramedidas urgentes de efectividad-de-costos

- Zona despejada

- Alineamientos coherentes
- Banquinas parcial o totalmente pavimentadas
- Líneas y franjas sonoras de borde banquina y eje central
- Coordinación planialtimétrica
- Rotondas modernas

7 SITUACIÓN LOCAL DE LA INGENIERÍA DE SEGURIDAD VIAL

Mala, con tendencia a empeorar. Para mejorar hay que comenzar por reconocer los errores y adoptar las contramedidas comprobadamente eficaces y exitosas en todo el mundo.

Acciones urgentes

- Poner en vigencia normas de diseño geométrico y recomendaciones de seguridad viales actualizadas (2010) en reemplazo de las todavía vigentes desde 1967/80, DNV.
- Actualizar los programas de enseñanza universitaria de grado sobre diseño y seguridad vial
- Auditar la seguridad de los proyectos de caminos nuevos, más que la de los caminos existentes

Breve listado de errores letales habituales:

- Velocidad máxima señalizada de 130 km/h en caminos proyectados para 110 km/h
- Ampliación de número de carriles a expensas de la banquina externa
- Chicanas en autopistas para instalar estaciones de servicio en el cantero central
- Distintas velocidades máximas señalizadas por carriles (autopistas de calzadas con ≥ 3 carriles)
- Autopistas con banquetas angostas de tierra y caída de borde de pavimento, y colectoras de tierra
- Baranda flexible TL1 al lado de carril señalizado para 130 km/h

- Puentes o viaductos de ancho menor que el de los accesos
- Estaciones de servicio en zona de camino (en mediana o entre calzada principal y colectora)
- Instalación en lo que debiera ser zona despejada de: teléfonos SOS, puestos de venta callejera, barandas usadas como barricadas, postes de iluminación, pies de pórticos de señales, cabinas de controladores iluminación o semáforos, cabinas de peaje, estaciones de servicio...
- Instalación de cordones delante de las barandas
- Salidas tangenciales rectas en principio de curva a la izquierda
- Módulos de barandas de hormigón sin interconexión física
- Barandas de puentes y sus accesos sin conexión física ni transición geométrica y estructural
- Postes de hormigón armado para barandas flexibles
- Barandas cortas, bajas, de postes cortos, sin tratamiento del terminal de aproximación

Algunas consecuencias de los errores ↓



RN9 Acceso Norte (General Paz a Bifurcación Ramal Pilar)
 VD: 110 km/h Velocidad máxima señalizada: 130 km/h, hasta 6 carriles sin banquetas internas – Velocidades señalizadas distintas, discriminadas por carriles. Choques diarios
http://www.google.com.ar/#scient=psy-ab&h=es&site=&source=hp&q=c5n+accidentes+en+pan+america-na&pbx=1&oq=c5n+accidentes+en+panamericana&aq=f&aqi=&aqi=&q= sm=s&q= upl=1929132531015743130121101010126361263619-1110&bav=on_2.or_r_gc.r_pw.cf.osb&fp=ecacbf2bd4b3c160&biw=1680&bih=879



RN9 Panamericana km 43 Curva cerrada 11.9.02
 SDC Pendiente banquina externa invertida, charco, vuelco, baranda, zanjón
<http://www.lanacion.com.ar/430527-sufrio-un-choque-maxi-estevez-delantero-de-racing>



RN9 Panamericana Puente Henry Ford 14.9.08
 SDC, VD, Velocidad máxima señalizada, visibilidad curva vertical convexa, banquina, barandas acceso y puente
<http://edant.clarin.com/diario/2008/09/14/um/m-01760338.htm>



RN38 Concepción Puente Río Gastona 30.7.09
 Anchura puente y accesos
<http://www.youtube.com/watch?v=JazbcPUsumY>



RN38 Acceso Norte Concepción Tucumán 22.1.10
 Intersecciones T con bigotes dos sentidos Estación de Servicio en Zona de Camino
<http://www.youtube.com/watch?v=UJLT0mG4Gmw>



RN 8 Ramal Pilar Panamericana Montecarlo km 44
19.9.10
SDC, Choque Frontal VD: 90/100 km/h, VMS: 130 km/h
Mediana angosta: Banquinas interiores tierra, Barandas
flexible TL0, Columnas iluminación central.
<http://www.youtube.com/watch?v=idLn40mqEFw&feature=relmfu>



RN11 Formosa Puente riacho Cortapik 12.3.11
Banquina tierra, validez al choque de baranda
<http://www.youtube.com/watch?v=zhiGMtwQ8CA>



RN22 km 739 Casilda 26.8.11
SDC Niebla, Frontal
<http://www.lanacion.com.ar/1400862-ochos-muertos-en-dos-violentos-accidentes>



RN7 km 188 Chacabuco 3.11.11
Caída borde pavimento SDC Camión x Combi Frontal
<http://www.lanacion.com.ar/1420402-tres-traedias-en-las-rutas-y-18-muertos-en-menos-de-dos-dias>



RN9 km 78 Campana Puente A° La Cruz; 7.11.11
SDC, Sin banquina, baranda, terminal carril aceleración.
<http://www.lanacion.com.ar/1421147-tres-muertos-en-dos-accidentes>



Avenida Circunvalación Córdoba Villa Boedo 9.11.11
SDC Baranda Vuelco Canal
<http://www.lavoz.com.ar/noticias/sucesos/saira-intendente-choco-contra-motociclista-que-murio>



RN9 Panamericana Don Torcuato 9.11.11 Camión, auto,
columna en ancho de zona despejada.



<http://www.lanacion.com.ar/997587-hubo-15-muertos-en-accidentes-de-transito>



<http://www.lanacion.com.ar/979119-choque-multiple-en-panamericana-20-vehiculos-involucrados>



El ómnibus incendiado quedó sumergido en la zanja al
lado de la banquina del kilómetro 232 de la ruta 9.
<http://www.lanacion.com.ar/329343-dieciocho-muertos-al-choocar-un-omnibus-con-un-camion>



Dos hombres murieron en el acto, ayer, cuando el automóvil en el que viajaban cayó desde un puente de 20 metros de altura, en el cruce de la avenida General Paz y la ruta Panamericana,

na, en el barrio de Saavedra.

Baranda débil

<http://www.lanacion.com.ar/141621-dos-muertos-al-caer-un-auto-de-un-puente>



Estado colectoras ramal Pilar

<http://buscar.lanacion.com.ar/accidente%20ramal%20pilar>

En algunas autopista las colectoras no existen, o son de tierra y muchas veces imposibles de transitar, Ramal Pilar Panamericana km 38. En 1999 hubo 965 accidentes (24 víctimas fatales) con un total de 58 millones de vehículos en tránsito por esa autopista, el año pasado hubo 1086 accidentes (11 mortales) con 95 millones de vehículos.

El *sentido común* indica que las colectoras en condiciones alivian el tránsito y evitan accidentes.
<http://www.lanacion.com.ar/1308713-colectoras-de-tierra-y-en-pesimo-estado>



RELACIÓN ENTRE LOS CAMINOS Y LA GENTE QUE MUERE EN Y POR ELLOS

INSTITUTO DEL TRANSPORTE ANI – MIEMBRO INFORMANTE

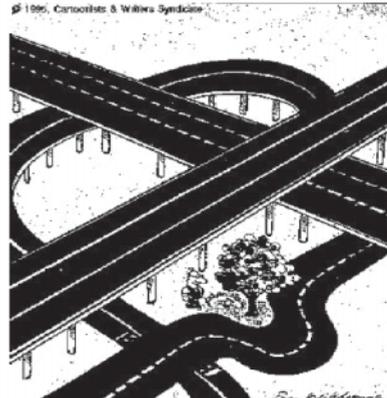
Francisco Justo Sierra

Ingeniero Civil UBA CPIC 6311

Informe basado en la exposición RELACIÓN ENTRE DISEÑO GEOMÉTRICO Y SEGURIDAD VIAL realizada durante la reunión mensual del Instituto del Transporte de la Academia Nacional de Ingeniería el martes 9 de agosto de 2011.

Beccar, 20 de noviembre de 2011 - Día Mundial de las Víctimas de Tránsito (NU)

<http://www.google.com.ar/#q=d%C3%ADa+mundial+de+las+v%C3%ADctimas+de+tr%C3%A1nsito&hl=es&prmd=imvnsu&source=univ&tbn=ws&tbo=u&sa=X&ei=ctDITvD0N8y1twbnfkCw&sqi=2&ved=0CD0QqAl&bav=on.2.or.r.qc.r.pw..cf.osb&fp=54e3e670b14ddb42&biw=1680&bih=879>



Academia Nacional de Ingeniería
 Av. Presidente Quintana 585 3° A - C1129ABB
 Buenos Aires - República Argentina
 Tel.: (54-11) 4807-1137
 Fax.: (54-11) 4807-0671
 E-mail: acading@fibertel.com.ar - acading2@fibertel.com.ar - acading.arg@gmail.com
 Sitio Web: www.acadning.org.ar