

Modelo conceptual para identificar factores relevantes en la seguridad de los niños en los autobuses escolares¹

Martha Lucía Bernal,² Carolina Daza² y Ovidio Rincón²

Forma de citar Bernal ML, Daza C, Rincón O. Modelo conceptual para identificar factores relevantes en la seguridad de los niños en los autobuses escolares. Rev Panam Salud Publica. 2010;27(6):423-34.

RESUMEN

Objetivo. *Elaborar un modelo conceptual que permita comprender las relaciones entre las variables que llevan a los niños a adoptar posturas en los vehículos de transporte escolar que incrementan los efectos lesivos en caso de accidentes de tránsito.*

Métodos. *Para la identificación de las variables se recolectó información directa de la actividad del transporte escolar por medio de grupos de enfoque, con asistentes de ruta y conductores de estos vehículos, la filmación interior de autobuses durante el transporte de los niños, y el registro de dimensiones de componentes en diferentes tipos de autobuses escolares. El análisis de la información recolectada se hizo mediante el software Atlas ti v6 y, la construcción del modelo, por medio de un proceso deductivo.*

Resultados. *Se encontraron relaciones importantes entre la adopción de posturas potencialmente riesgosas por parte de los niños durante el transporte escolar y las características dimensionales de los asientos y cinturones de seguridad, las características del servicio de transporte y el rol del asistente de ruta.*

Conclusiones. *Para llevar a cabo intervenciones coherentes y específicas en el ámbito de la seguridad en el transporte escolar, se deben considerar no solo aspectos técnicos concernientes al vehículo o condiciones posturales controladas en pruebas de choque en laboratorio, sino también las variables específicas de la actividad que llevan a los niños a adoptar posturas que incrementan el riesgo de lesiones.*

Palabras clave

Salud del niño; accidentes de tránsito; cinturones de seguridad; medidas de seguridad; salud escolar; Colombia.

Los traumatismos por accidentes de tránsito constituyen un grave problema de salud pública en todo el mundo que

afecta no solo a la salud de las personas, en particular jóvenes, sino además al desarrollo social y económico de los países. Según un informe publicado en forma conjunta por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Banco Mundial, en 2004 los traumatismos por accidentes de tránsito fueron la segunda causa de muerte en el mundo para niños de entre 5 y 14 años de edad, y jóvenes de entre 15 y 29 años (2). Asimismo, revela que cerca de 96% de los niños que mueren debido a esos accidentes viven en países de ingresos medios y bajos. Si se analiza el grupo de 5 a 14 años, puede verse que

los traumatismos por accidentes de tránsito son la principal causa de defunción en la región europea de la OMS, con aproximadamente 5% de las muertes totales anuales por esa causa (3), mientras que en las Américas son la principal causa en 23 países, la segunda en dos, y figuran entre las cinco principales causas de muerte en otros seis países (4).

En Colombia, donde tuvo lugar el presente estudio, los accidentes de tránsito son la primera causa de muerte en el grupo de 5 a 14 años, con cerca de 12% de las defunciones totales anuales de ese grupo etario (5). Solamente en 2007, 303

¹ Este modelo es uno de los productos de la investigación "Parámetros para el diseño del espacio interno de vehículos de transporte escolar para el mejoramiento de las condiciones de seguridad y comodidad de los menores", realizada por el Departamento de Diseño y el Departamento de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, Colombia (1).

² Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Arquitectura y Diseño, Bogotá DC, Colombia. La correspondencia debe dirigirse a Martha Bernal, Carrera 7 No. 40-62, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Arquitectura y Diseño, Edificio 16, Bogotá DC, Colombia. Correo electrónico: marthabernal@javeriana.edu.co

niños de esas edades fallecieron debido a accidentes de tránsito en todo el país (6). En el caso específico de Bogotá, durante el período 2001–2004 estos accidentes fueron la principal causa de muerte en el grupo de 5 a 11 años de edad, y la segunda en el de 12 a 17 años (7). En 2007 fallecieron en la ciudad 32 niños de 5 a 14 años (10,6%) por esta causa (6).

Gran parte de estos accidentes en niños y jóvenes ocurren en los trayectos hacia y desde la escuela. Un estudio realizado en Estados Unidos indica que 457 000 autobuses escolares llevan diariamente a 23,5 millones de estudiantes, de los cuales por regla general mueren al año 815 y se lesionan 152 250 durante el trayecto hacia o desde la escuela; 2% de estas muertes y 4% de los traumatismos ocurren al chocar el autobús. Y si bien sus resultados muestran que el resto de los estudiantes muere en otras circunstancias —en vehículos de pasajeros, o como peatones, ciclistas o motociclistas—, también advierte que ese porcentaje (2%) podría estar subestimado, puesto que la notificación es voluntaria y no incluye otros viajes relacionados con la escuela o choques del autobús escolar fuera de horas de clase (8). En otro trabajo de ese país que describe la epidemiología de lesiones no fatales en niños y adolescentes relacionadas con el transporte escolar, atendidos en hospitales entre 2001 y 2003, también se halló que los choques del autobús con otro vehículo son la causa principal de lesiones no fatales, con tasas de 33,8% y 46,2% para menores de 10 años y niños y adolescentes de 10 a 19 años, respectivamente (9).

De igual manera, en España, un estudio de 2005 sobre accidentes de tránsito en carretera con participación de autobuses informó un total de 1 014 víctimas en este tipo de vehículos, 49 de las cuales correspondieron al transporte escolar (10). Por su parte, los accidentes de autobuses en zonas urbanas españolas durante 2003 arrojaron un total de 1 131 víctimas, de las cuales 13 viajaban en vehículos escolares

Según datos de la Cámara de Representantes, en Colombia hay 32 000 vehículos escolares legalmente acreditados (11) que transportan a unos 6 000 000 de niños al día (A. Molina, comunicación personal, 2009), sin contar los niños que son transportados en aproximadamente otros 10 000 vehículos escolares no legales (11). Sin embargo, aun cuando en Colombia la cantidad de niños que viajan en autobuses escolares es alta y los acci-

dentos de tránsito son la primera causa de muerte en niños de 5 a 14 años, todavía no existen estadísticas nacionales relativas a los accidentes que involucran específicamente este tipo de vehículos.

De acuerdo con la Secretaría de Educación del Distrito Capital (12), en la ciudad de Bogotá hay alrededor de 1 653 000 estudiantes en los niveles preescolar, básico y medio, de los cuales cerca de 1 075 000 (65%) asisten a establecimientos educativos oficiales y cerca de 37 770 (2,8%) son usuarios del transporte ofrecido por la Secretaría. El 35% restante acude a escuelas privadas, pero no hay información consolidada sobre el número de estudiantes que hacen uso del transporte escolar. No obstante, otra fuente afirma que en Bogotá el número diario de niños transportados en vehículos escolares ronda los 150 000 (11).

Bogotá es la ciudad con mayor número de accidentes de tránsito en el país y también la que ha sido objeto de estudios específicos sobre la accidentalidad del transporte escolar (13). En 2004 registró 432 accidentes de vehículos escolares, y 442 en 2005 (11). En 2006 este número se redujo a 334 —con 7 niños muertos y 155 lesionados— y, en 2007, a 272 —con 7 niños muertos y 122 lesionados (12).

Mientras que los avances investigativos y normativos de otros países muestran la importancia de utilizar vehículos exclusivos para los escolares y sistemas de retención adecuados que incrementen la seguridad de los niños, en Colombia el transporte escolar se encuentra incluido dentro de la categoría de “servicio público de transporte terrestre automotor especial”, reglamentado por decreto no. 174 en 2001 (14–20), el cual en su artículo 6 lo define como: “[aquel que se presta] a un grupo específico de personas, ya sean estudiantes, asalariados, turistas (prestadores de servicios turísticos) o particulares, que requieren de un servicio expreso . . .”. Como se puede observar, bajo esta definición un mismo tipo de vehículo transporta, en distintos momentos, a diversos grupos de usuarios de diferentes edades, sin considerar la vulnerabilidad corporal ni la incidencia que podría tener la carrocería y sus componentes internos en la seguridad de los transportados, en particular los niños, en caso de un incidente³ o accidente de tránsito.

Es pertinente señalar que las resoluciones del ministerio de transporte que establecen las características y especificaciones técnicas y de seguridad de estos vehículos se soportan en las regulaciones del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, a la vez basadas en normas internacionales para vehículos de transporte de adultos. En consecuencia, la actual reglamentación colombiana no provee directrices suficientes para la seguridad y comodidad de los niños durante el transporte escolar, debido a sus marcadas diferencias antropométricas y de vulnerabilidad física en relación a los usuarios adultos.

Dentro de la literatura sobre el tema hay estudios llevados a cabo por agencias gubernamentales —como la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras de Estados Unidos (15, 16) y la Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil (FITSA) de España— que abordan el tema de la seguridad en el transporte escolar principalmente a partir de los resultados arrojados por pruebas de impacto realizadas con dummies (15, 16, 21). Estas pruebas se realizan siguiendo rigurosos protocolos que permiten comparar los resultados con otras pruebas y estándares, controlando aspectos como la velocidad de impacto, las características de los sistemas de retención y la posición del dummy sobre el asiento. Sin embargo, no se encontraron estudios que consideren las posturas reales adoptadas por los niños mientras son transportados.

En un trabajo que muestra la matriz propuesta por William Haddon, este reconocido experto plantea un abordaje sistémico de los accidentes de tránsito relacionando tres factores —ser humano, vehículo y entorno— y tres fases —antes, durante y después del choque (22). Si bien esta matriz permite comprender el accidente desde un punto de vista holístico, no plantea un enfoque específico a la actividad, ni a las condiciones posturales de los pasajeros y sus efectos en la seguridad durante el transporte. El modelo conceptual propuesto en el presente estudio representa un aporte complementario que intenta ampliar las posibilidades tanto de investigación como de intervención.

Ya se han publicado trabajos sobre la instalación de sistemas de retención en vehículos particulares y en autobuses escolares, así como sobre percepciones, actitudes y grado de importancia que otor-

³ Los que están determinados por sucesos tales como frenadas bruscas o intempestivas, giros sin reducción de velocidad, y sacudidas del vehículo por desniveles u obstáculos en el camino.

gan los conductores y los padres al uso de estos sistemas de seguridad cuando los pasajeros son niños (23, 24). Sin embargo, sus resultados no son aplicables al contexto colombiano, dado que en este país los vehículos destinados al transporte escolar también operan como autobuses para otras actividades (p. ej. turismo) que incluyen pasajeros adultos. Adicionalmente, la estructura y los anclajes de los actuales asientos no están diseñados para soportar la fuerza ejercida por los cinturones u otros sistemas de retención durante un choque, motivo por el cual muchos de los vehículos escolares no cuentan con este tipo de sistemas de seguridad y, por lo tanto, tampoco existe una cultura en su uso. El modelo expuesto en este artículo, diseñado teniendo en cuenta la situación del transporte escolar en Colombia, ayuda a comprender mejor las relaciones entre las variables que llevan a los niños que viajan en autobuses escolares a adoptar posturas que incrementan los efectos lesivos en caso de accidentes de tránsito.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio, de tipo exploratorio y descriptivo de enfoque cualitativo, se desarrolló en tres etapas: recopilación de información directa de la actividad, recopilación de información documental y construcción del modelo.

Recopilación de información directa de la actividad

Con el objeto de comprender la dinámica existente al interior de los vehículos mientras se transportan niños, y determinar las características de los asientos y cinturones de seguridad de los actuales vehículos escolares, se recogió información directa a través de tres fuentes:

Grupos de enfoque con asistentes de ruta y conductores de vehículos escolares. Se realizaron grupos de enfoque con asistentes de ruta⁴ y conductores, para recabar datos sobre las actividades que tienen lugar durante el transporte escolar. Respecto al servicio que prestan, se tomó información sobre años de expe-

riencia en el cargo, capacitación recibida, funciones y responsabilidades, horarios de trabajo y duración de los recorridos. En cuanto a los niños, se indagó sobre la cantidad que viajan en cada autobús, los criterios para organizarlos dentro de los vehículos, las normas de disciplina exigidas concernientes a la seguridad y el comportamiento de los menores asociado al género, la edad, al día de la semana y la jornada (mañana o tarde). Finalmente, se identificaron comportamientos y actitudes de los menores que podrían afectar su seguridad en caso de un incidente o accidente de tránsito.

Esta técnica fue aplicada mediante un muestreo por conveniencia, con la participación de 37 asistentes de ruta y conductores (con un mínimo de un año de experiencia en el cargo) de cinco instituciones prestadoras de servicios de transporte escolar en Bogotá que trabajan para colegios públicos y privados, femeninos, masculinos y mixtos. Toda la información fue registrada en audio para su posterior transcripción y análisis en el software *Atlas ti v.6*.

Observación no intrusiva de la actividad del transporte escolar. Por medio de grabaciones en video se realizó un registro no intrusivo de las situaciones que ocurren al interior de los vehículos escolares durante el recorrido de la ruta, con la finalidad de observar las siguientes conductas manifiestas (unidades de análisis): ubicación del asistente de ruta dentro del vehículo, normas de disciplina exigidas a los niños, manipulación de objetos por parte de los niños, posturas que adoptan en los asientos, posturas que pueden incrementar los efectos lesivos en caso de incidente o choque, y uso —o no— adecuado de los cinturones de seguridad.

La filmación se realizó con una cámara inalámbrica instalada en la parte frontal de la cabina, cerca del espejo retrovisor o del velocímetro, para que no fuese percibida por los niños y evitar así que pudiera alterar su comportamiento. La cámara transmitía la información a un receptor portátil que permitía tanto la visualización como la grabación de las imágenes dentro del vehículo.

Se filmaron 12 diferentes recorridos de rutas escolares en la ciudad de Bogotá, en distintos horarios (cuatro en horas de la mañana, durante la ida al colegio, y ocho en la tarde, durante el regreso a sus casas). Antes de realizar las filmaciones se obtuvo el consentimiento por parte de

las respectivas instituciones educativas, las cuales a su vez solicitaron la previa aprobación de los padres. Si bien los conductores de los vehículos observados conocían de la instalación de las cámaras, los asistentes de ruta no sabían que estaban siendo observados. Esto se hizo con la intención de no condicionar su rol y comportamiento dentro del vehículo, para así comparar lo observado durante su desempeño con la información obtenida de los grupos de enfoque. Se encontraron diferencias entre las normas de disciplina que manifestaron exigir los asistentes de ruta y la situación observada durante el recorrido.

El proceso de codificación de los videos fue deductivo y se basó en cinco categorías: conductas sociales de los niños, posturas de los niños, formas de uso y manipulación de los cinturones y normas de disciplina exigidas por el asistente de ruta. Una vez establecida la codificación, se colocaron notas sobre los segmentos de video que correspondían a cada uno de los códigos y posteriormente se buscaron concurrencias y relaciones entre las conductas.

Características de los asientos y cinturones de seguridad en los vehículos. La recopilación de información cuantitativa y cualitativa de estos dos componentes se hizo en 25 vehículos escolares (cinco con capacidad inferior a 20 pasajeros y 20 con capacidad superior). Esta muestra corresponde a la selección de un vehículo característico (por marca de chasis y carrocería) del parque automotor de las instituciones prestadoras de servicios de transporte y colegios de Bogotá que colaboraron con el estudio. Los datos cuantitativos fueron recopilados siguiendo el protocolo que se presenta en los cuadros 1 y 2, mientras que los datos cualitativos registrados fueron los siguientes:

- Tipología de asientos de acuerdo con los materiales utilizados.
- Ubicación de los cinturones de seguridad, especificándose si estaban situados en todos los asientos o solo en los delanteros.
- Tipología de cinturones de seguridad, según fueran de dos puntos (colocado sobre las caderas del pasajero) o de tres puntos de fijación.

Adicionalmente se realizó un registro fotográfico del interior de cada uno de los vehículos.

⁴ Los asistentes de ruta son las personas encargadas de controlar el ingreso, ubicación y salida de los niños del vehículo. Asimismo, tienen la responsabilidad de velar por la disciplina y el seguimiento de las normas de seguridad por parte de los menores durante el viaje.

CUADRO 1. Dimensiones de los cinturones de seguridad en los autobuses escolares, Bogotá, Colombia, 2009

Medida	Nombre	Especificaciones
A	Altura de fijación del punto inferior del cinturón	Distancia vertical medida entre el punto inferior de fijación y el piso del vehículo
B	Altura de fijación del punto superior del cinturón (si aplica)	Distancia vertical medida entre el punto superior de fijación y el piso del vehículo

CUADRO 2. Dimensiones y distribución de los asientos en los autobuses escolares, Bogotá, Colombia, 2009

Medida	Nombre	Especificaciones
C	Ancho del asiento ^a	Distancia horizontal máxima entre los extremos laterales del asiento
D	Profundidad del asiento ^a	Distancia longitudinal entre el borde frontal del asiento y su punto de encuentro con el espaldar
E	Altura del asiento ^a	Distancia vertical entre el piso del vehículo y el plano superior del asiento
F	Altura del espaldar	Distancia vertical entre la altura del asiento ^a y el punto más alto del espaldar
G	Inclinación del espaldar	Ángulo formado por la línea de superficie del asiento ^a y la del espaldar
H	Altura del apoyacabeza (si aplica)	Distancia vertical entre el borde inferior del apoyacabeza y su borde superior
I	Separación entre asientos	Distancia horizontal entre la cara posterior del espaldar de un asiento y la cara anterior del espaldar del asiento siguiente
J	Ancho del pasillo	Distancia transversal destinada a la circulación de los pasajeros dentro del vehículo, medida entre los bordes de las filas de asientos, a uno y otro lado

^a Aquí el término se refiere solo a la parte transversal del "asiento". De acuerdo con lo establecido en la resolución 7171 de 2002 del Ministerio de Transporte de Colombia, el ancho del asiento es la "dimensión transversal útil de la silla [asiento]" (25). Dicha resolución no indica con precisión el significado, ni de qué forma se toma esta dimensión "útil", motivo por el cual se midió la distancia horizontal máxima entre los extremos laterales del asiento.

Recopilación de información documental

Se recogieron asimismo datos antropométricos de los niños con el fin de establecer su grado de compatibilidad con los tamaños de asientos establecidos por la resolución 7171⁵ (25) del ministerio de transporte de Colombia y con los resultados de la medición de los asientos en los 25 vehículos escolares, y también para comparar los puntos de fijación de los cinturones usados actualmente en los vehículos escolares con los puntos antropométricos de referencia para el diseño de arneses y cinturones para niños.

Con tal propósito se revisaron tablas antropométricas con datos de niños y

niñas de grupos etarios comprendidos entre los 5 y los 14 años (26, 27). Se seleccionaron 10 variables antropométricas por su directa relación con las características dimensionales de los asientos y de los cinturones de seguridad: distancia nalga-fosa poplítea, distancia nalga-rodilla, largo del pie, altura sedente, altura poplítea, ancho de caderas, altura de codos, anchura de codos, altura de muslo y altura acromial. Adicionalmente se registraron la estatura y el peso, porque de acuerdo con la literatura existente son las dos variables para seleccionar los sistemas de retención adecuados por grupos de edad (28, 29).

Construcción del modelo

En las secuencias de video se identificaron las principales condiciones posturales adoptadas por los niños que podrían ser riesgosas en caso de incidente o

choque del vehículo escolar. Posteriormente se realizó un listado de las variables que pueden determinar la postura de los niños de acuerdo con la observación no intrusiva, los grupos de enfoque, las mediciones de los vehículos y la información documental. Las variables identificadas fueron agrupadas en cuatro categorías principales: características del servicio de transporte, papel del asistente de ruta, características de los vehículos y características de los niños.

Los criterios con que se establecieron las categorías y se agruparon las variables guardan relación con los modelos desarrollados desde la ergonomía para comprender la actividad humana, tales como el sistema ergonómico propuesto desde la escuela anglosajona (30) y el modelo de la situación de trabajo desarrollado en la escuela francesa (31). Los elementos comunes a estos dos modelos son las personas (los niños y el asistente de ruta), los medios (características del vehículo) y la organización general (características del servicio de transporte y papel del asistente de ruta). Para la definición de las categorías y la construcción del modelo se realizó un proceso deductivo, utilizando también como recurso el software *Atlas ti v.6*.

Finalmente, el modelo así construido presenta una serie de variables categorizadas que tienen efectos sobre dos aspectos que determinan la adopción y los cambios de postura: comodidad física, y organización y dinámicas de los niños mientras son transportados (figura 1). A su vez, como se dijo, la postura adoptada tiene una relación directa con la seguridad en el vehículo.

RESULTADOS

La observación no intrusiva permitió identificar las siguientes posturas riesgosas para los niños durante el viaje en el autobús escolar (figura 2): (a) sentado frontalmente sin cinturón de seguridad; (b) sentado lateralmente en el asiento, con las piernas hacia el pasillo central; (c) arrodillado sobre el asiento, mirando hacia atrás y (d) de pie, tanto en el espacio de separación entre los asientos como en el pasillo central (no incluida en la figura).

Con el objeto de establecer los efectos que podrían tener estas posturas durante un choque, se seleccionaron dos de ellas —sentado lateralmente y arrodillado sobre el asiento— y se realizó una simu-

⁵ Esta resolución establece las características y especificaciones técnicas y de seguridad para vehículos de hasta 20 pasajeros que "presten servicio público de transporte terrestre automotor especial".

FIGURA 1. Modelo conceptual de relaciones entre las variables que determinan las posturas se los niños en los vehículos de transporte escolar, Bogotá, Colombia, 2009

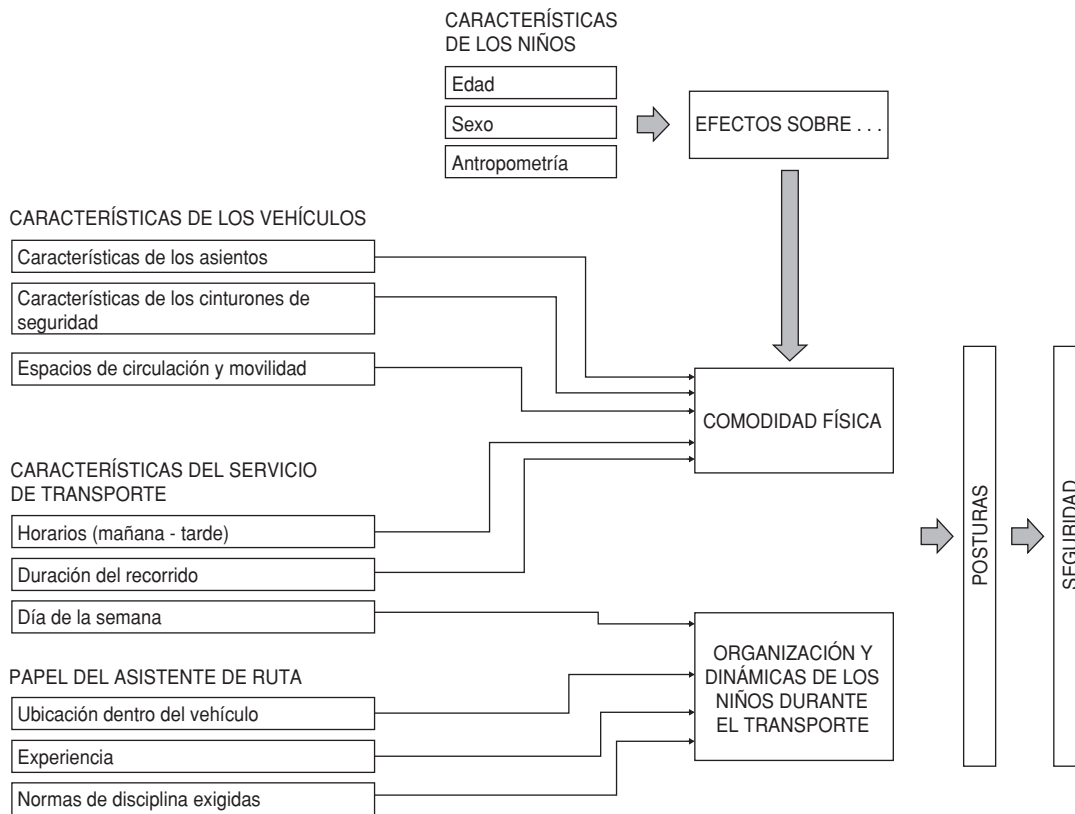


FIGURA 2. Posturas utilizadas para realizar las simulaciones de choque, Bogotá, Colombia, 2009



(a) Sentado apropiadamente sin cinturón de seguridad

(b) Sentado lateralmente

(c) Arrodillado sobre el asiento

lación virtual para comparar los valores de aceleración en cabeza y tórax bajo estas dos condiciones con respecto a la postura sedente apropiada, la cual fue tomada como condición postural de referencia (figura 2, a).

La simulación virtual se efectuó por medio del aplicativo *Cosmos Motion*[®] del paquete informático *Solid Works 2008*[®], empleando las principales condiciones de pruebas reales en laboratorio de choque frontal establecidas en el informe de

la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras de Estados Unidos (NHTSA) (16) y basadas en las normas FMVSS 222 (17) y FMVSS 213 (18). Igualmente, se tomó como referencia el procedimiento TP-222 (32) de la

NHTSA, que establece las condiciones para efectuar las pruebas determinadas por la norma FMVSS 222.

Con los datos proporcionados por estos documentos, se elaboró el montaje y la simulación virtual de la prueba de trineo, replicando el pulso de aceleración, la velocidad (48,3 km/h) y los picos de aceleración. Al trineo se le asignó una masa de 8 990 kg para la simulación dado que, al analizar las fichas técnicas de homologación de vehículos de transporte especial del Ministerio de Transporte de Colombia, se determinó que esta masa corresponde al peso bruto vehicular promedio del tipo de vehículo de transporte especial utilizado en Colombia; el propósito fue simular una inercia similar a la que presentaría un vehículo colombiano ante un eventual impacto. Esta masa corresponde a un vehículo clase 1 (más de 4 536 kg), de acuerdo con la norma FMVSS 222. Aunque el procedimiento de prueba TP-222 indica que la temperatura interior del vehículo debe estar entre 0 °C y 32,2 °C, esta variable no fue considerada en la simulación virtual.

El dummy virtual empleado corresponde al modelo 6YO, cuyas especificaciones se tomaron de la NHTSA, y presenta los rangos de movilidad articular establecidos por la literatura especializada en antropometría (33, 34). Se realizaron pruebas preliminares para establecer la biofidelidad de movimiento del dummy virtual en caso de un impacto. Los efectos del choque frontal en el dummy fueron determinados desde dos puntos de vista: a través de acelerómetros virtuales colocados en cabeza y tórax, de acuerdo con las especificaciones del modelo 6YO, y a través del análisis de las secuencias de movimiento durante el impacto, con imágenes capturadas cada 50 milisegundos (ms), en las que se observó la reacción cinemática del dummy a la desaceleración.

A su vez, siguiendo la norma SAE J211 del informe de la NHTSA, los datos de aceleración en cabeza y tórax del dummy se registraron en los tres ejes (X, Y, Z) (16). Esta misma norma determina que para calcular los índices de lesión, los datos de los componentes de la aceleración registrados en cada uno de los ejes deben filtrarse previamente con filtros Butterworth Clannel Frequency Class (CFC), con el propósito de suprimir los “picos de aceleración” introducidos por elementos del entorno que no

corresponden al dummy y desvirtúan los resultados. En el caso del índice de lesión de la cabeza (ILC), los datos de aceleración en los ejes (X, Y, Z) deben ser procesados con el filtro CFC 1000, el cual requiere una frecuencia de muestreo de al menos de 10 khz, lo que implica tiempos de muestreo cada 65,5 microsegundos como mínimo. Esta frecuencia y cantidad de datos superan la capacidad de procesamiento del aplicativo Cosmos Motion®. Ante esta dificultad, se registraron datos con menor frecuencia cuyos resultados, aunque no son comparables con los presentados en el informe de la NHTSA, permiten realizar comparaciones entre las tres condiciones posturales estudiadas.

En consecuencia, al efectuar la simulación, se registraron datos cada 0,12 ms, para un periodo total de 120 ms, disponiendo así de 1 001 datos. El software registró los datos de las aceleraciones expresadas en mm/s², en la cabeza y tórax del dummy. Para filtrar los picos observados, se calculó la media aritmética para cada intervalo de 10 ms (disponiendo entre 72 y 94 datos por intervalo) y, finalmente, se realizó la conversión de mm/s² a gravedades (g). Se calculó la media aritmética de la aceleración registrada en cabeza y tórax para cada condición postural, y así poder comparar estos valores con la condición postural de referencia. En las figuras 3 y 4 se presentan las diferentes relaciones entre la media de la ace-

leración en el eje “Y” y el valor de la aceleración en la postura de referencia.

Al compararlos, los resultados mostraron que los valores de la aceleración en la cabeza y tórax se incrementaron de forma crítica en la postura c (arrodillado en el asiento mirando hacia atrás) con respecto a las simulaciones efectuadas con la postura de referencia, donde se observa una relación de 11,5 a 1 en la cabeza, y de 3,4 a 1 en el tórax. De otro lado, aunque la aceleración en el eje Y (de la parte posterior hacia la parte anterior del autobús) no aumentó estando el niño sentado lateralmente (postura b), es importante mencionar que el comportamiento cinemático del cuerpo en un choque frontal o posterior se asemeja al de un impacto lateral, donde los movimientos irregulares y forzados de flexión y rotación del cuello comunican aceleraciones y desaceleraciones con un mayor potencial lesivo para las estructuras orgánicas, en especial el eje raquídeo y el tejido cerebral (35).

Una vez corroborado el efecto lesivo que pueden producir las posturas analizadas en los niños durante un choque, se realizó una prueba piloto con el modelo para identificar las relaciones existentes entre las características de los asientos y cinturones, las características del servicio, el rol del asistente de ruta y las características de los niños que llevan a la adopción de estas posturas. Las relaciones encontradas son las siguientes: 1) ca-

FIGURA 3. Valores relativos de la aceleración en la cabeza (eje Y) en dos de las posturas observadas, con respecto a la postura de referencia (sentado sin sistema de retención), Bogotá, Colombia, 2009

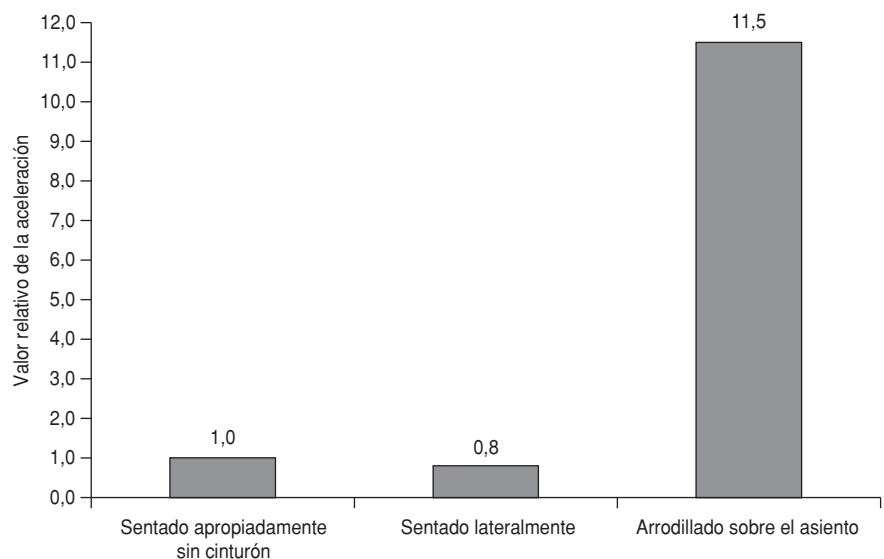
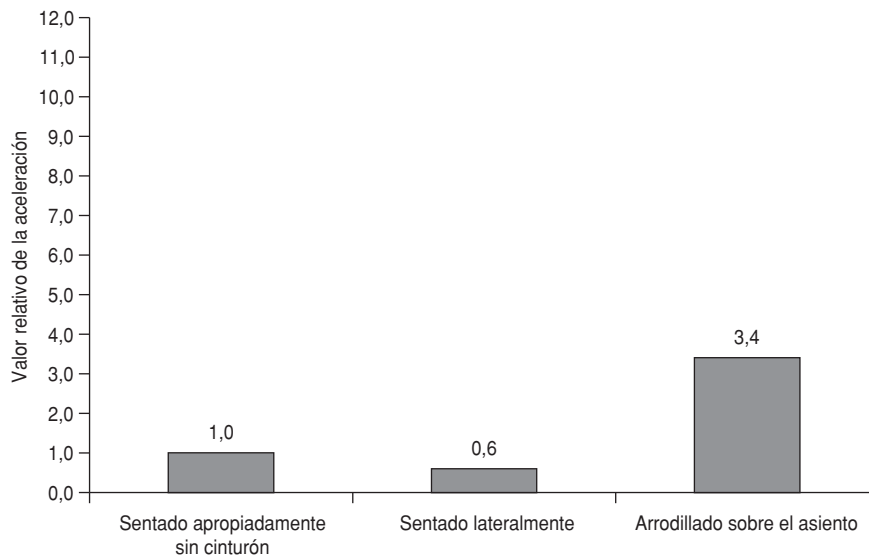


FIGURA 4. Valores relativos de la aceleración en el tórax (eje Y) en dos de las posturas observadas, con respecto a la postura de referencia (sentado sin sistema de retención), Bogotá, Colombia, 2009



racterísticas de los asientos y cinturones de seguridad en relación con datos antropométricos de los niños y efectos sobre su comodidad; 2) características del servicio de transporte en relación con la dinámica de los niños, y 3) rol del asistente de ruta con respecto a la organización y dinámica de los niños.

Características de los asientos y cinturones de seguridad en relación con datos antropométricos de los niños y efectos sobre su comodidad

En Colombia hay un solo estudio publicado sobre datos antropométricos de población infantil, el cual fue realizado en instituciones educativas de Bogotá con 250 niños y 250 niñas de entre 5 y 11 años de edad (26). Para los fines del presente trabajo, ese estudio tiene tres limitaciones: a) no hay datos de niños de 12 a 14 años, b) la muestra fue tomada en instituciones educativas de estratos socioeconómicos bajos, donde debido a condiciones nutricionales las dimensiones antropométricas pueden ser menores que en el resto de la población, c) no incluye datos como desviación estándar y tamaño de las muestras discriminadas por grupos etarios, los cuales son importantes para realizar comparaciones con otras investigaciones. Por esa razón, los datos faltantes fueron tomados de otros estudios sobre poblaciones latinoamericanas.

Se seleccionaron dos estudios realizados en México para niños de 6 a 11 años y

adolescentes de 12 a 17 años, teniendo como criterio de selección la cantidad de variables antropométricas incluidas y la coincidencia con los rangos de edad requeridos para la investigación (27). Las fichas metodológicas de ambos estudios presentan información que permite determinar su confiabilidad intramuestral, incluidos procedimientos de medición precisos y uso de instrumental especializado.

Con el fin de validar el uso de datos antropométricos de niños mexicanos en el contexto colombiano, se realizó una prueba estadística (prueba Z) en la que se compararon las medias aritméticas de tres variables (peso, estatura y altura sentada) del estudio de México con datos provenientes de una evaluación nutricional de 660 niños —de estratos socioeconómicos bajos, medios y altos— que asistieron entre 2005 y 2008 a programas deportivos del Centro Javeriano de Formación Deportiva (CJFD) de Bogotá. Cabe resaltar que, en este caso, se disponía de la base de datos completa, lo que permitió efectuar cálculos independientes para cada grupo etario. Dado que no se hallaron diferencias significativas entre las medias de las tres medidas antropométricas disponibles en los estudios mexicanos y las provenientes del CJFD, se decidió utilizar los datos de México para el rango de edad entre los 12 y 14 años. Es importante mencionar que estos hallazgos no son totalmente concluyentes, debido a que el tamaño de la muestra de la evaluación nutricional del

CJFD es bastante inferior al de los estudios mexicanos.

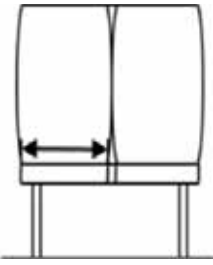
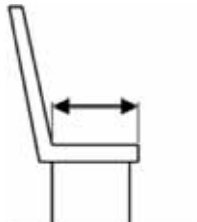
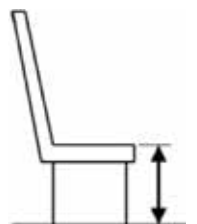
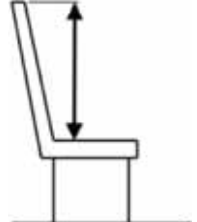
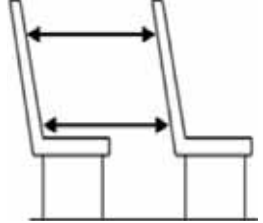
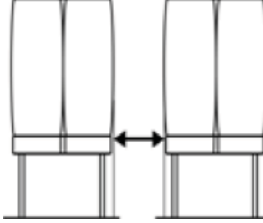
Para comparar la antropometría de los niños y las dimensiones de los componentes del vehículo, se tomaron como referencia los datos extremos de los estudios de Colombia y México. Esto quiere decir que, cuando se requirió trabajar con dimensiones del percentil 5, se utilizó el dato menor entre los estudios y, al hacerlo con el percentil 95, se empleó el dato mayor. En este caso, y a diferencia de análisis antropométricos efectuados en poblaciones adultas, no se hizo una diferenciación entre niños y niñas debido a que el comportamiento de las dimensiones antropométricas en este grupo etario no está relacionado directamente con el género.

En el cuadro 3 se presenta la comparación entre las dimensiones de los asientos establecidas por la resolución 7171, los resultados de las mediciones realizadas en vehículos escolares y los datos antropométricos de niños entre 5 y 14 años correspondientes a estudios de poblaciones colombiana y mexicana (25–27). Vale señalar que los valores mínimos de las mediciones efectuadas en los vehículos, como altura del espaldar, ancho del asiento, separación de asientos y ancho del pasillo, están por debajo de los establecidos en la resolución 7171 en una proporción de 7,6%; 30,7%; 46,1% y 46,1%, respectivamente.

Los aspectos más relevantes identificados a partir de la comparación establecida son: a) la altura del espaldar es insuficiente, ya que al no tener soporte para la cabeza incrementa el riesgo de lesiones por latigazo cervical en caso de choque frontal o posterior; b) el ancho insuficiente del pasillo, lo que dificultaría una eventual evacuación de emergencia; c) la incompatibilidad entre las dimensiones establecidas por la resolución colombiana y la antropometría de los niños, teniendo en cuenta que las dimensiones planteadas por la reglamentación son excesivas con relación a las medidas de los niños. Esta última discordancia se da principalmente en los casos de la altura del asiento, la cual excede la altura poplítea de los niños de 5 a 10 años, y de la profundidad del asiento, que supera la distancia nalga-poplítea de los niños de 5 a 14 años. En consecuencia, el asiento deja de ser un soporte estable para el cuerpo de los menores e imposibilita una postura segura y confortable.

Por su parte, la resolución 7171 en su artículo 11 dispone que los cinturones de

CUADRO 3. Comparación entre las dimensiones reglamentarias de los asientos, las mediciones tomadas en 25 vehículos escolares y los datos antropométricos de niños de 5 a 14 años, Bogotá, Colombia, 2009

Dimensión	Dimensión reglamentaria ^a	Medición de vehículos escolares (n = 25)		Datos antropométricos ^b	
		Mínimo	Máximo	5–9 años	10–14 años
 Ancho del asiento ^c	Mínimo: 40 cm	38 cm	50 cm	Ancho de caderas	
				P 95 (5 años) 29,9 cm (Col.) 26,2 cm (Mex.)	P 95 (10 años) 30,3 cm (Col.) 34,4 cm (Mex.)
 Profundidad del asiento ^c	Mínimo: 35 cm	35 cm	55,5 cm	Distancia nalga – fosa poplítea	
				P 5 (5 años) 25,2 cm (Col.) 24,7 cm (Mex.)	P 5 (10 años) 33 cm (Col.) 34,2 cm (Mex.)
 Altura del asiento ^c	Mínimo: 35 cm	41 cm	47,5 cm	Altura poplítea	
	Máximo: 45 cm			P 5 (5 años) 24 cm (Col.) 24,2 cm (Mex.)	P 5 (10 años) 32,5 cm (Col.) 32,9 cm (Mex.)
 Altura del respaldo	Mínimo: 50 cm	46 cm	74,5 cm	Altura sedente	
	Máximo: 65 cm			P 95 (5 años) 62,2 cm (Col.) 65,5 cm (Mex.)	P 95 (10 años) 75 cm (Col.) 79,5 cm (Mex.)
 Separación entre asientos	Mínimo: 65 cm	59 cm	77 cm	Distancia nalga-rodilla + holgura	
 Ancho del pasillo	Mínimo: 35 cm	24 cm	75 cm	Anchura bideltoidea de adulto (asistentes de ruta) P 95 (hombre adulto) 500 mm	

Fuente: elaborado a partir de las referencias 25 a 27.

^a Según la resolución no. 7171 del ministerio de transporte de Colombia.

^b Abreviaturas: Col. = población colombiana; Mex = población mexicana. P = Percentiles

^c Aquí el término se refiere solo a la parte transversal del "asiento".

^d La holgura de 10 cm corresponde a la distancia libre que debe existir para que las rodillas no queden en contacto con la cara anterior del respaldo del asiento siguiente.

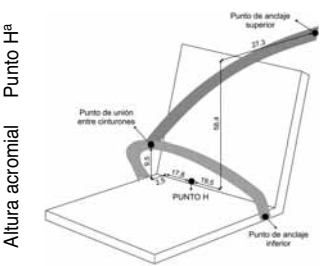
seguridad deben cumplir con los requisitos establecidos por la Norma Técnica Colombiana 1570, la cual es una adopción idéntica por traducción del reglamento 16 de las Naciones Unidas (36, 37). Cabe aclarar que las características establecidas por esta norma corresponden a la población adulta, y que la resolución colombiana solo hace alusión a la obligatoriedad del uso de cinturones en los autobuses cuyos asientos se encuentran enfrentados. En ninguno de los documentos mencionados se establecen las características dimensionales o la configuración de los cinturones, ni se especifica el tipo de cinturón (de regazo, diagonal, de tres puntos o arneses) o sistema de retención⁶ que debe ser implementado para el transporte de niños en edad escolar.

En cuanto al uso de cinturones de seguridad, en los 12 recorridos de autobuses escolares observados para este estudio se identificaron varios aspectos riesgosos para los niños en caso de incidente o de accidente. Se observó que la edad de los niños es un factor que determina el uso —o no— del cinturón. Los niños de 6 años o menos no pueden abrochar o desabrochar la hebilla por sí mismos, ni ajustar la longitud de la correa, por lo que dependen del asistente de ruta para realizar esas dos tareas. Por su parte, los niños mayores de 13 años son reacios a usar los cinturones.

En cinco recorridos se observó que, si el asiento tenía cinturón, los niños lo usaban, pero no ajustaban la correa de acuerdo a sus dimensiones corporales ni el asistente de ruta los ayudaba a hacerlo. Los cinturones se encontraban abrochados sobre los asientos y los niños de seis años o menos no los desabrochan, sino que se introducen por debajo del cinturón sin abrirlo y sin ajustar la correa a sus dimensiones. En siete recorridos se observó a varios niños permaneciendo de pie con el vehículo en movimiento. De los 25 vehículos observados, 12% no contaba con cinturones de seguridad en la zona de pasajeros, 44% tenía cinturones de regazo y 44% disponía de cinturones de dos puntos diagonales.

En la literatura se informa que el no usar cinturón de seguridad aumenta la

CUADRO 4. Datos y puntos antropométricos de referencia para el diseño de arneses y cinturones de seguridad infantiles, Bogotá, Colombia, 2009

Puntos antropométricos	Datos antropométricos infantiles	
	5 – 9 años	10 – 14 años
	Punto obtenido aplicando un porcentaje de 63,15% a la altura del muslo ^b	Altura del muslo × 0,6315 4,5 – 6 cm 6,5 – 9 cm
	Punto que garantiza que el cinturón atraviese en diagonal por la mitad del hombro hasta la cadera, formando un ángulo de 55°	Altura acromial 32 – 50 cm ^c 42 – 60 cm ^d

Fuente: elaborado a partir de las referencias 26, 27, 34 y 39.

^a Punto de articulación de la cadera, utilizado para determinar la altura de la hebilla del cinturón o arnés de seguridad.

^b Con base en los cálculos presentados por Tilley (34) se estableció que la altura del punto H corresponde a 63,15% de la altura del muslo.

^c Estos valores corresponden respectivamente a la altura acromial para el percentil 5 (niños de 5 años) y el percentil 95 (niños de 9 años).

^d Estos valores corresponden respectivamente a la altura acromial para el percentil 5 (niños de 10 años) y el percentil 95 (niños de 14 años).

probabilidad de que el niño sea propulsado en un choque, golpeándose libremente contra la estructura y componentes internos de la carrocería, con una velocidad similar a la que llevaba el vehículo antes del choque y sin que haya disipación de la energía cinética (35). Gómez y colaboradores señalan (38) que el uso inadecuado del cinturón también constituye un riesgo que puede incidir en la gravedad de las lesiones, principalmente en el cuello por la ubicación incorrecta de la banda diagonal, y en el abdomen, por la compresión ejercida sobre los órganos internos (hígado, bazo, colon, fractura raquídea por hiperflexión de la columna) cuando la persona se desliza por debajo del cinturón de dos puntos (el denominado “efecto submarino”).

Otros estudios afirman asimismo que los menores deben usar como mínimo cinturones de tres puntos adaptados a su talla, y que los niños con un peso inferior a 20 kg (menores de 5 años, en el caso de los niños colombianos) no deben usar cinturones de seguridad aun cuando se ajusten a su talla, sino otros sistemas de retención infantil (16, 21).

A partir de la revisión documental sobre parámetros antropométricos, se determinó que los dos puntos importantes de referencia a tener en cuenta en el diseño de cinturones o arneses para la retención de los niños son: el punto de articulación de la cadera (punto H), con el cual se puede determinar la altura de la hebilla, y la altura acromial, para establecer el punto de fijación superior de la co-

rrera (cuadro 4) (34, 39). Del análisis de estas dimensiones hay que destacar que existe una variación de 28 cm entre los extremos del grupo etario (percentil 5/5 años: 32 cm – percentil 95/14 años: 60 cm) en la altura acromial, lo que determinaría, entre otras soluciones, la necesidad de utilizar cojines elevadores y/o posicionadores de cinturón en los vehículos escolares existentes.

Se observó también que los cinturones diagonales de dos puntos tienen contacto constante con el cuello de los niños, debido a que la altura de fijación del punto superior (80,5 cm) supera la altura acromial de los menores (32–60 cm).

Características del servicio de transporte en relación con la dinámica de los niños

Durante el estudio se halló que la dinámica, y por lo tanto la condición postural, de los niños que viajan en transporte escolar varía según el horario en que lo hicieron: en la mañana permanecieron sentados en una postura apropiada, y en la tarde exhibieron las posturas con potencial lesivo arriba mencionadas. También se observó que el viernes por la tarde los niños tendían a ser más activos e indisciplinados y que el tiempo de recorrido aumentaba un 30% en promedio. Las variables identificadas —aunque no analizadas— en el estudio que podrían aumentar los tiempos de recorrido incluyeron el tráfico, el estado de las calles, las condiciones climáticas, el

⁶ Conjunto de elementos que ayudan a soportar y retener el cuerpo del ocupante en su asiento, evitando que el pasajero sea propulsado por acción de las fuerzas de choque, disminuyendo las cargas soportadas por el cuello y la cabeza y absorbiendo la energía resultante de la desaceleración.

tamaño del autobús y el número de paradas durante el recorrido.

El rol del asistente de ruta

Uno de los aspectos determinantes de la dinámica de los niños que viajan en autobuses escolares está relacionado con el rol del asistente de ruta y el nivel de disciplina exigido. Se encontró que los asistentes de ruta organizan a los niños de diferentes formas dentro del vehículo, sin tener en cuenta su efecto en la seguridad, ubicándolos por el lugar donde suben o bajan, por grupos de edad o por grados de amistad. Esa forma de organización contrasta con otras más apropiadas, por ejemplo, con la exigida por las regulaciones de España que establece pautas para organizar a los niños en el vehículo de acuerdo con su edad. Entre otras especificaciones, determina que los niños entre 5 y 11 años pueden ocupar los asientos contiguos al pasillo siempre y cuando utilicen cinturones de seguridad de tres puntos y cojines elevadores acordes con su edad y estatura (40). De igual forma, establece que cuando al menos 50% de los pasajeros son menores de 12 años, el asistente de ruta debe ubicarse en las inmediaciones de la puerta de servicio central o trasera. La reglamentación colombiana, en cambio, no fija una ubicación precisa para el asistente de ruta dentro del vehículo.

La postura y la ubicación del asistente de ruta en el transporte escolar revisten particular importancia porque, por ejemplo, ambas influyen notablemente en el comportamiento de los niños durante el viaje. En este sentido, se observó que el mayor control y visualización sobre los menores se presentó en los casos en que el asistente se encontraba de pie en la parte delantera del vehículo, situación presentada en ocho de las 12 rutas observadas (66,6%), donde los niños permanecieron sentados y en posturas apropiadas. En las rutas donde los asistentes se encontraban sentados en el primer asiento, de espaldas a los menores y cerca de la puerta del vehículo, no existía visualización ni control sobre las acciones de los niños, por lo que adoptaban posturas riesgosas e irrespetaban las normas de disciplina exigidas.

DISCUSIÓN

El principal aporte de este modelo conceptual para el estudio de la seguridad en el transporte escolar es la inclu-

sión de variables propias de la actividad que influyen en las condiciones posturales adoptadas por los pasajeros, lo que permite tener una comprensión cualitativa de los factores determinantes de la seguridad.

Uno de los hallazgos más importantes es el de las diferencias existentes entre las situaciones de prueba en laboratorio, donde se controla totalmente la postura del dummy, y las distintas posturas observadas en la situación real. Las pruebas de choque de vehículos escolares realizadas en Estados Unidos y España (16, 21) evaluaron las consecuencias del uso y no uso de cinturones de seguridad utilizando dummies apropiadamente sentados, pero no contemplaron otras posturas —muchas veces más frecuentes, en el caso de los niños— ni sus efectos sobre el dummy.

En el presente estudio, en cambio, por medio de las simulaciones virtuales se calcularon y compararon los valores de aceleración en la cabeza y tórax en las posturas identificadas durante la observación, encontrándose un aumento importante de estos valores con respecto a los obtenidos en los dummies con postura controlada. Así, el modelo conceptual de relaciones propuesto en este artículo proporciona una comprensión más amplia de la seguridad en el transporte escolar, ya que permite complementar los resultados de estudios de choque en laboratorio (aspectos técnicos concernientes al vehículo) con variables de la actividad que llevan a adoptar posturas que incrementan el riesgo de lesiones, permitiendo desarrollar intervenciones coherentes en contextos y situaciones específicas.

Vale aclarar que, dado el carácter exploratorio de esta investigación, la cantidad de observaciones no intrusivas realizadas en vehículos escolares fue limitada y, por lo tanto, las conclusiones no son generalizables a otras situaciones de estudio. Las observaciones se centraron principalmente en las posturas adoptadas por los niños, pero no se realizó un análisis de su frecuencia respecto a variables tales como edad de los menores, características del vehículo, duración del recorrido, día de la semana y normas de disciplina exigidas, que permitirían identificar relaciones de causalidad mucho más precisas. En este sentido, será conveniente realizar investigaciones que permitan encontrar relaciones entre

las dimensiones —y otras características— de los asientos y los cambios de postura en diferentes grupos etarios, el diseño de los dispositivos de apertura, cierre y ajuste de los cinturones y su manejo por parte de los niños, así como entre la edad y la actitud hacia el uso del cinturón de seguridad.

Desde el punto de vista técnico, el software (Solid Works®—Cosmos Motion®) empleado en la simulación de un choque frontal está concebido para realizar ejercicios mecánicos, y si bien permitió desarrollar modelos virtuales de dummies que, al someterse a las condiciones simuladas, mostraron fidelidad en relación con los patrones de movimiento del cuerpo, no permite calcular índices de lesión tales como el HIC (Head Injury Criterion, por sus siglas en inglés) ni, en consecuencia, comparar los resultados obtenidos con los de pruebas de choque efectuadas en otros países. Esa limitación se puede superar utilizando un software especializado para simulaciones de choque.

Durante la recopilación de información documental, las principales limitaciones obedecieron a los insuficientes datos antropométricos disponibles sobre la población infantil colombiana, obligando a recurrir a fuentes con datos de otro país latinoamericano. Este vacío de información imposibilita el desarrollo de parámetros dimensionales aplicables al diseño de sistemas de retención y de otros dispositivos de seguridad, que se ajusten específicamente a la antropometría de la población escolar colombiana.

Otro aspecto en el que hay una carencia de información estadística a nivel nacional es el concerniente a la accidentalidad del transporte escolar, dado que en Colombia, con excepción de los datos publicados por instituciones públicas de Bogotá, no existen registros consolidados sobre las características de la población estudiantil usuaria de vehículos escolares, ni de la cantidad de estudiantes transportados (12). En este sentido, se hace patente la necesidad de implementar sistemas de registro de accidentes, que integren los casos ocurridos en diferentes regiones del país y reúnan datos más detallados —p. ej. ubicación de los niños dentro del vehículo, tipo de lesiones y uso o no de sistemas de retención— a partir de los cuales se puedan llevar a cabo investigaciones aún más profundas sobre el tema de la seguridad en el transporte escolar.

Dicho esto, los resultados obtenidos en el presente trabajo deberían abrir nuevas oportunidades para estudiar la importancia que tienen las variables consideradas por este modelo conceptual en la se-

guridad de los niños y adoptar así las medidas preventivas pertinentes. Entre esas oportunidades está la aplicación del modelo en diferentes regiones del país, y en contextos urbanos y rurales, para de-

terminar si los aspectos socioculturales y geográficos afectan las condiciones posturales y de seguridad de los pasajeros de vehículos escolares.

REFERENCIAS

- Bernal M, Rincón O, Daza C, Fajardo J, Barrero L, Quintana L. Parámetros para el diseño del espacio interno de vehículos de transporte escolar para el mejoramiento de las condiciones de seguridad y comodidad de los menores: informe final proyecto de investigación. Bogotá DC: Pontificia Universidad Javeriana; 2009.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito: resumen. Ginebra: OMS; 2004. Hallado en: http://www.col.ops-oms.org/diamundial/2004/Resumen_DMS2004.pdf. Acceso el 25 de mayo de 2010.
- World Health Organization (WHO). Office for Europe. Road traffic injuries in the WHO European Region: the population groups and countries most affected. Copenhagen: WHO; 2004 (Fact Sheet EURO/03/04). Hallado en: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0011/98615/FS0304E.pdf. Acceso el 16 de junio de 2010.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). Estadísticas de salud de las Américas. Tema especial: Las diez principales causas de muerte en países de las Américas correspondientes a los datos de los dos o tres últimos años. Washington, D.C.: OPS; 2006. Hallado en: http://www.paho.org/spanish/dd/ais/HSA2006_ST.pdf. Acceso el 25 de mayo de 2010.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Colombia. Estadísticas vitales. Bogotá D.C.: DANE; 2004–2006. Hallado en: http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&task=category§ionid=16&id=36&Itemid=148. Acceso el 25 de mayo de 2010.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Estadísticas vitales. Bogotá D.C.: DANE; 2007. Hallado en: http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=205&Itemid=119. Acceso el 01 de junio de 2010.
- Veeduría Distrital, Colombia. Situación de los niños y niñas en Bogotá D.C., 2001–2005. Hallado en: <http://www.veeduriadistrital.gov.co/es/grupo/g289/ATT1214431846-1.pdf>. Acceso el 01 de junio de 2010.
- Committee on Injury, Violence, and Poison Prevention and Council on School Health. School Transportation Safety. *Pediatrics*. 2007; 120(1):213–20. Hallado en: <http://pediatrics.aappublications.org/cgi/content/full/120/1/213>. Acceso el 01 de junio de 2010.
- McGeehan J, Annett JL, Vajani M, Bull MJ, Agran PE, Smith GA. School Bus-Related Injuries Among Children and Teenagers in the United States, 2001–2003. *Pediatrics*. 2006; 118(5):1978–84. Hallado en: <http://pediatrics.aappublications.org/cgi/content/abstract/118/5/1978>. Acceso el 01 de junio de 2010.
- Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad y medio ambiente del Automóvil (FITSA). Estudio de la seguridad de los niños en los autocares. Entregable E1: Definición del Mapa Actual de la Seguridad Infantil en los Autocares. FITSA; 2007. Hallado en: https://espacioseguro.com/fundacionfitsa0/admin/_fitsa/archivos/documentos/0000074/E1_Informe.pdf. Acceso el 01 de junio de 2010.
- Luna D. No más niños muertos en accidentes de tránsito. Hallado en: <http://direccion.camara.gov.co/camara/site/artic/20070813/pags/20070813172858.html>. Acceso el 01 de junio de 2010.
- Borda M. Respuesta Proposición No. 167 de 2008 — transporte escolar. Hallado en: <http://www.carlosvicentederoux.org/apc-aa-files/f459e34b03aa8797ced4af9d0b6d1b86/Respuesta%20de%20la%20S.%20de%20Movilidad%20sobre%20transporte%20escolar.doc>. Acceso el 16 de junio de 2010.
- Cámara de Comercio de Bogotá y Universidad de los Andes, Colombia. Boletín observatorio de movilidad No. 2. Hallado en: http://camara.ccb.org.co/documentos/4419_boletin_de_accidentalidad.pdf. Acceso el 01 de junio de 2010.
- Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad y medio ambiente del Automóvil (FITSA). Memoria del Proyecto: sistema de retención infantil integrado en asientos de autocares destinados al transporte escolar. FITSA; 2004. Hallado en: http://www.fundacionfitsa.org/documentos_ficha.php?id=0000080. Acceso el 01 de junio de 2010.
- Elias J, Sullivan L, McCray L. Large School Bus Safety Restraint Evaluation-Phase II. Hallado en: http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NRD/Multimedia/PDFs/ESV/18/Files/18E_SV-000313.pdf. Acceso el 01 de junio de 2010.
- Hinch J, McCray L, Prasad A, Sullivan L, Willke D, Hott C, et al. School bus safety: crashworthiness research. National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), Report to Congress. Washington D.C.: NHTSA; 2002. Hallado en: http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NRD/Multimedia/PDFs/Crashworthiness/SchoolBus/SBReport_FINAL.pdf. Acceso el 01 de junio de 2010.
- National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). FMVSS 222: School bus passenger seating crash protection. Washington D.C.: NHTSA; 1993.
- National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). FMVSS 213: Child Restraint Systems. Washington D.C.: NHTSA; 2001.
- Langford J. Road Safety Impact of Fitting Seat Belts to School Buses. Victoria: Monash University; 2003. Hallado en: http://www.austroads.com.au/pdf/TestMethod2/5_Fitting_seat_belts_to_school_buses_Sep_06_.pdf. Acceso el 01 de junio de 2010.
- Ministerio de Transporte, Colombia. Decreto no. 174 (5 de febrero de 2001). Reglamentación del servicio público de transporte terrestre. Diario Oficial. 2001 (44.318).
- Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad y medio ambiente del Automóvil (FITSA). Entregable E2: estudio de la eficiencia de los diferentes sistemas de retención para ocupantes infantiles en autocares. FITSA; 2007. Hallado en: https://espacioseguro.com/fundacionfitsa0/admin/_fitsa/archivos/documentos/0000075/E2_Informe.pdf. Acceso el 01 de junio de 2010.
- National Association of Emergency Medical Technicians, PHTLS. Soporte vital básico y avanzado en el trauma prehospitalario. Madrid: Elsevier España; 2007.
- Rudin-Brown CM, Scipione A, Armstrong J, Lai G, Salway A, Kumagai J. Lower Anchors and Tethers for Children (LATCH). Usability in School Buses and Passenger Vehicles. *Traffic Inj Prev*. 2008;9:472–82.
- Instituto Mapfre. La seguridad vial en los niños: cuestión de familia. MAPFRE; 2005. Hallado en: http://www.mapfre.com/cmc/content/documentos/fundacion/seg-vial/investigacion/ESTUDIO_CUESTION_FAMILIA.pdf. Acceso el 01 de junio de 2010.
- Ministerio de Transporte, Colombia. Resolución no. 7171 (31 de mayo de 2002). Características y especificaciones técnicas y de seguridad para los vehículos con capacidad inferior a veinte pasajeros, destinados al servicio público de transporte terrestre automotor especial. Diario Oficial. 2002. (44.823).
- Ruiz MR. Tablas antropométricas infantiles. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia; 2008.
- Ávila R, Prado LR, González EL. Dimensiones antropométricas población latinoamericana. Guadalajara: Universidad de Guadalajara; 2007.
- National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). Traffic safety facts. Research note. Washington D.C.: NHTSA; 2009. Hallado en: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/Pubs/811121.PDF>. Acceso el 01 de junio de 2010.
- Standards Australia/ Standards New Zealand. AS/NZS 1754: 2010: Child restraint systems for use in motor vehicles. Sydney/Wellington; 2010.
- García G. La ergonomía desde la visión sistémica. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia; 2002.

31. Santos N, Dutra ARA, Fialho FAP, Proença RPC, Righi CR. Antropotecnología: a ergonomia dos sistemas de produção. Curitiba: Genesis; 1997.
32. National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). TP-222-03: Laboratory Test Procedure for FMVSS 222. Washington D.C.: NHTSA; 1993. Hallado en: <http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/Vehicle%20Safety/Test%20Procedures/Associated%20Files/TP222-03.pdf>. Acceso el 01 de junio de 2010.
33. National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). Child injury protection team. Techniques for developing child dummy protection reference values: event report. 1996. Hallado en: <http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NRD/Multimedia/PDFs/Biomechanics%20Trauma/kid.pdf>. Acceso el 16 de junio de 2010.
34. Tilley A. The measure of man and woman. Human factors in design. New York: The Whitney Library of Design; 1993.
35. Jouvencel M. Biocinemática del accidente de tráfico. Madrid: Díaz de Santos; 2000.
36. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). NTC 1570: disposiciones uniformes respecto a cinturones de seguridad y sistemas de retención para ocupantes de vehículos automotores. 3.ª actualización. Bogotá D.C.: ICONTEC; 2003.
37. United Nations (UN). Uniform Provisions Concerning the Approval of Safety-Belts and Restraint Systems for Adult Occupants of Power Driven Vehicles. Regulation no. 16. E/ECE/324 Rev.1/Add.15/Rev.5 E/ECE/TRANS/505. Geneva: UN; 1980.
38. Gómez R, Fiorentino J, Huaier F. ¿Los niños son pasajeros seguros?. Revista del Hospital de Niños de la Ciudad de Buenos Aires. 2001; 43(192):125-32.
39. Woodson WE, Tillman P, Tillman B. Human Factors Design Handbook. New York: McGraw Hill; 1992.
40. Ministerio de la Presidencia, España. Real decreto 443/2001 (27 de abril de 2001). Condiciones de seguridad en el transporte escolar y de menores. Hallado en: http://www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=2001/08503. Acceso el 02 de junio de 2010.

Manuscrito recibido el 4 de septiembre de 2009. Aceptado para publicación, tras revisión, el 21 de mayo de 2010.

ABSTRACT

Conceptual model for identifying factors relevant to the safety of children in school buses

Objective. Prepare a conceptual model that facilitates understanding of the relationships between the variables that lead children to adopt postures in school transportation vehicles that increase injuries in traffic accidents.

Methods. For identification of the variables, direct information on school transportation was collected through focus groups, with bus aides and bus drivers, on-board filming during the transport of children, and recording of the dimensions of components in different types of school buses. The information collected was analyzed using the Atlas.ti v6 software and the construction of a model through deduction.

Results. Important relationships were found between adoption of potentially hazardous postures by children during transport to and from school and the seat and seat belt dimensions, the characteristics of the transportation service, and the role of bus aides.

Conclusions. In order to adopt coherent interventions in school transportation safety, it is necessary to consider not only the technical aspects of the vehicle or posture that are controlled in crash tests but the specific variables of the activities that lead children to adopt postures that put them at greater risk of injury.

Key words

Child health (public health); accidents, traffic; seat belts; security measures; school health; Colombia.