



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROPUESTA DE TRANSPORTE PÚBLICO
INDIVIDUAL DE PASAJEROS CON DISPOSITIVOS
MÍNIMOS DE SEGURIDAD PASIVA PARA EL
DISTRITO FEDERAL

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :
I N G E N I E R O M E C Á N I C O
P R E S E N T A :
DARWIN ULISES GONZÁLEZ AGUILAR



DIRECTOR DE TESIS:
ING. MARIANO GARCÍA DEL GÁLLEGO

CIUDAD UNIVERSITARIA,

ABRIL 2010

ÍNDICE

Introducción	1
Capítulo I. Seguridad en el automóvil	2
I.1 Criterios de seguridad en el vehículo	2
I.2 Seguridad activa	3
I.2.1 Conjunto motor transmisión	3
I.2.1.1 Seguridad activa en el motor	3
I.2.1.2 Seguridad activa en la transmisión	4
I.2.2 Dirección	5
I.2.3 Suspensión	7
I.2.3.1 Suspensiones Bose y Mercedes Benz	8
I.2.4 Frenos	10
I.2.4.1 Frenos antibloqueo (ABS)	10
I.2.4.2 Tiempo perdido de frenado	11
I.2.4.3 Función de los neumáticos en la adherencia con el camino	12
I.2.4.3.1 Sistema de monitoreo de presión en neumáticos	14
I.2.4.3.2 Neumático Tweel de Michelin	14
I.3 Seguridad pasiva	15
I.3.1 Cuadrantes de colisión	16
I.3.2 Choque frontal como mayor riesgo potencial en automóviles	17
Capítulo II. Pruebas de impacto y dispositivos de seguridad pasiva	18
II.1 Programas de evaluación de automóviles	18
II.2 Pruebas de impacto y evaluación de vehículos nuevos	19
II.2.1 Prueba de impacto frontal	19
II.2.2 Prueba de impacto lateral	21
II.2.3 Prueba de vuelco y resistencia del toldo	23
II.2.4 Prueba de impacto posterior	26
II.2.5 Prueba de parachoques a baja velocidad	27
II.3 Dispositivos de seguridad pasiva en el automóvil	28
II.3.1 Estructura de la carrocería	28
II.3.2 Columna de dirección fraccionada	28
II.3.3 Cinturón de seguridad y freno de inercia	32
II.3.4 Tensores del cinturón de seguridad	33
II.3.5 Bolsas de aire	34

II.3.5.1 Tipos de bolsas de aire	36
II.3.5.1.1 Bolsas de aire frontales	36
II.3.5.1.2 Bolsas de aire laterales	36
II.3.5.1.3 Bolsas de aire para rodillas	37
II.3.5.1.4 Bolsas de aire para cinturón de seguridad	37
II.3.6 Cabeceras activas	38
II.3.7 Elementos de seguridad para niños y bebés	38
Capítulo III. Postura del ocupante y eficacia de los sistemas de retención en la disminución de lesiones de tránsito	41
III.1 Postura de los ocupantes	41
III.1.1 Distribución de peso	41
III.1.2 Promoción de la lordosis lumbar	42
III.1.3 Minimizar la presión en los discos intervertebrales	43
III.1.4 Reducir una postura fija	43
III.1.5 Proveer de fácil ajuste	43
III.1.6 Altura del asiento	46
III.1.7 Profundidad y anchura del asiento	46
III.1.8 Soporte y cojín del asiento	46
III.1.9 Parámetros del respaldo	46
III.1.10 Ajuste de cabecera	46
III.2 Posición de seguridad respecto a la bolsa de aire oculta en el volante	48
III.3 Colocación del cinturón de seguridad y su importancia en la disminución de lesiones	50
III.4 Eficacia del conjunto cinturón de seguridad-bolsa de aire	52
III.5 Lesiones causadas por diversos tipos de colisión	56
III.5.1 Colisión frontal	56
III.5.2 Vuelco	56
III.5.3 Colisión posterior	56
Capítulo IV. Dispositivos de seguridad en vehículos del transporte público individual de pasajeros del Distrito Federal	58
IV.1 Taxis del Distrito Federal	58
IV.1.1 Marcas y modelos de vehículos	59
IV.2 Seguridad activa y pasiva en los vehículos utilizados para el servicio	60
IV.2.1 Seguridad activa en el Nissan Tsuru	60
IV.2.2 Seguridad pasiva en el Nissan Tsuru	61
IV.3 Deficiencias en cuanto a seguridad pasiva	62

Capítulo V. Propuesta de vehículo con dispositivos mínimos de seguridad pasiva	63
V.1 Propuesta de dispositivos mínimos de seguridad pasiva	63
V.2 Dispositivos de seguridad recomendados	63
V.3 Tipo de carrocería a proponer	64
V.4 Vehículos de venta en México	65
V.5 Consideraciones para la elección del vehículo	68
V.5.1 Seguridad activa y pasiva recomendada	68
V.5.2 Evaluaciones en pruebas realizadas por el IIHS y la NHTSA	69
V.5.3 Costo del vehículo	71
V.5.4 Análisis de las tablas	71
V.6 Propuesta final	74
V.6.1 Eliminación y sustitución de equipo innecesario para el servicio	74
Conclusiones	75
Bibliografía	77
Apéndice	78

INTRODUCCIÓN

Desde la invención del automóvil hasta nuestros días, los problemas que afectan la seguridad de los ocupantes siempre han estado presentes; sin embargo, actualmente, la industria automotriz se encuentra más preparada para enfrentar estas dificultades, de manera que ha integrado a sus vehículos dispositivos que los hacen más seguros, al prevenir y preservar a los ocupantes en caso de accidente. Por esta razón, en el presente trabajo se definirá la seguridad en dos términos denominados: seguridad activa y seguridad pasiva.

Asímismo, se describirán algunos de los dispositivos de seguridad empleados en la actualidad e innovaciones que formarán parte en los automóviles de las próximas generaciones.

La eficacia de los dispositivos de seguridad es calificada por grupos de evaluación que realizan pruebas a los nuevos modelos de automóviles. Estas pruebas, simulan accidentes de tránsito convencionales que serán descritas a lo largo del desarrollo del trabajo.

Por otro lado, se considerarán aspectos importantes para abordar el automóvil como: el ajuste del asiento y su cabecera, el correcto uso del cinturón de seguridad, la distancia del conductor con respecto al volante y el anclaje de la silla para bebés o niños. Esto, con la finalidad de lograr la máxima eficacia y seguridad de los sistemas de retención en caso de accidente. También, se mostrarán los beneficios y atenuación de riesgos al adoptar una postura correcta tanto para el conductor como para los ocupantes.

Se hablará de las lesiones más frecuentes que se presentan en diversos tipos de accidentes como en colisiones frontales, posteriores y vuelco.

A continuación, se presentarán los vehículos empleados actualmente para brindar el servicio de transporte público individual de pasajeros, eligiendo uno de ellos para mostrar los dispositivos de seguridad activa y pasiva con que cuenta y aquellos que no están disponibles en ninguna de sus versiones.

Una vez que se conocen las deficiencias de seguridad en el transporte público actual; la propuesta tomará vehículos de venta en nuestro país que cumplan con ciertas consideraciones que se mencionarán más adelante, realizando la selección de un solo automóvil para que sustituya gradualmente el actual parque vehicular en una versión que cuente únicamente con el equipo necesario para realizar dicha función.

De acuerdo con lo anterior, este trabajo pretende presentar una serie de lineamientos para la elección de un vehículo seguro, con la finalidad de realizar una función específica.

CAPÍTULO I

Seguridad en el automóvil

I.1 Criterios de seguridad en el automóvil

La seguridad en los automóviles es considerada en este trabajo desde dos puntos de vista diferentes pero complementarios, los cuales engloban aspectos de prevención y limitación de daños, en caso de accidente para el vehículo y, primordialmente, para sus ocupantes, ya sea como conductores o pasajeros; estos conceptos se denominan: seguridad activa y seguridad pasiva.

La finalidad de la seguridad activa es reducir e idealmente eliminar el riesgo de accidente. Se refiere a los sistemas, dispositivos o mecanismos que, incorporados al automóvil incrementan la seguridad en los desplazamientos; por ejemplo, los frenos ABS¹ que aumentan la eficacia del frenado o las suspensiones de dureza variable que acoplan su acción al estado del camino. También, se puede denominar como aquellos sistemas que actúan siempre de acuerdo con el funcionamiento normal del vehículo.

La seguridad pasiva, consiste en dotar al vehículo de medios que atenúen los efectos de un accidente cuando se produce. Se refiere a aquellos componentes, ya sean sistemas, dispositivos o mecanismos, que, incorporados al vehículo, preservan a los ocupantes de posibles daños en caso de accidente. Las bolsas de aire ocultas en el volante, las barras protectoras situadas en el armazón de las puertas, o los cinturones de seguridad, son buenos ejemplos de estos elementos, cuya acción sólo se desarrolla en caso de accidente.

Independientemente de la tendencia en el diseño del vehículo, de dotarlo de una seguridad de acuerdo con sus prestaciones, las administraciones públicas han ido estableciendo de forma progresiva, una serie de disposiciones reglamentarias, con objeto de que todo vehículo cumpla con una seguridad mínima, tanto como activa como pasiva.

En los últimos años, el desempeño de los automóviles en las colisiones, ha mejorado bastante en muchos países de ingresos altos, aunque queda un considerable margen de progreso. Mientras que en los países de ingresos bajos, la reglamentación de las normas de seguridad no es tan sistemática. Muchas innovaciones técnicas que se encuentran en los vehículos de venta en los países de ingresos altos no se incorporan al equipamiento estándar de los vehículos que se comercializan en los países de ingresos bajos.

¹ *Anti-lock Braking System*

I.2 Seguridad activa

Como sistemas de seguridad activa, pueden considerarse en términos generales los siguientes:

- Conjunto motor transmisión
- Dirección
- Suspensión
- Frenos

I.2.1 Conjunto motor transmisión

Además, de la influencia en la seguridad pasiva del conjunto motor transmisión es importante señalar algo más sobre la seguridad, como:

- La ubicación del conjunto y
- El sistema de transmisión empleado.

La ubicación del motor en la parte delantera, puede proporcionar mayor seguridad en la conducción que con el motor en la parte trasera.

Dado que la posición del motor en el vehículo produce un reparto de cargas diferente en función de dónde se sitúe, se deduce que los vehículos con motor trasero tienen mayor tendencia al comportamiento sobrevirador, produciendo un efecto sobre la conducción más difícil e inestable, que con el motor situado en la parte delantera.

Por tanto, desde un punto de vista de seguridad activa, es preferible la ubicación del motor en la zona delantera del vehículo, lo cual, además, es también preferible desde el punto de vista de la seguridad pasiva.

I.2.1.1 Seguridad activa en el motor

En los sistemas de control del par motor (ASR²), el pedal acelerador es un potenciómetro que genera una señal eléctrica proporcional a las órdenes del conductor del vehículo, esto es pedal pisado con mayor o menor fuerza. El microprocesador del sistema, según la señal del potenciómetro del pedal acelerador y la velocidad de giro de las ruedas, determina la cantidad de combustible que debe inyectarse al motor y, en consecuencia, el par motor que éste entrega.

Los sistemas ASR utilizan los mismos sensores que los sistemas de freno antibloqueo de ruedas; gracias a esta disposición, cuando el vehículo se desliza sobre caminos de poca adherencia, no se pueden producir acelerones que hagan resbalar las ruedas sobre el camino con el peligro de deslizamiento sin control.

² *Anti-Slip Regulation o Automatic Stability Control*

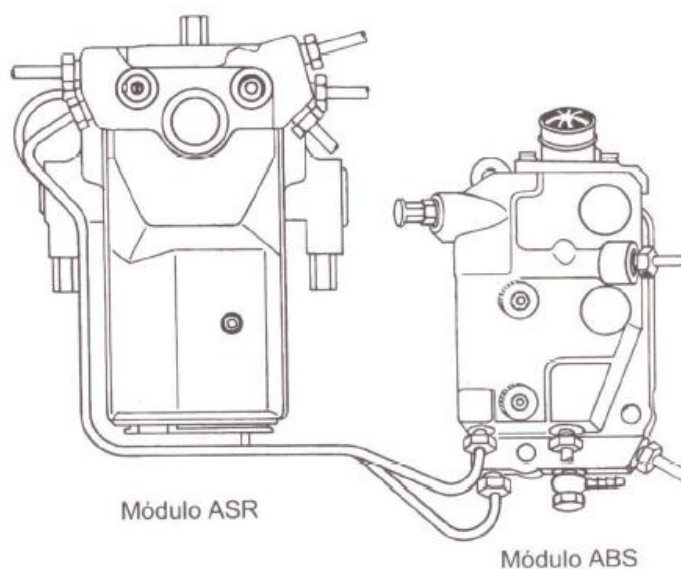


Figura 1.1 – Unión entre un módulo hidráulico ABS con otro ASR.

I.2.1.2 Seguridad activa en la transmisión

El mecanismo diferencial es un distribuidor del par motor a las dos ruedas de un eje, que permite al vehículo tomar las curvas sin arrastrar éstas; cuando el vehículo se encuentra con una rueda motriz sobre un firme sólido y la otra sobre un firme inestable, reparte todo el par sobre la rueda situada sobre el firme inestable y ésta empieza a resbalar, mientras que la rueda situada sobre el firme estable se queda quieta sin par motor y el vehículo queda parado.

Para evitar esta situación extrema y las situaciones intermedias, como puede ocurrir al circular por una carretera con hielo o nieve, se dispone de los diferenciales controlados. En estos un microprocesador controla la diferencia de giro de las ruedas motrices, gracias a los captadores del sistema ABS, y manda presión sobre un embrague de láminas, que hace solidarios los planetas del diferencial con la corona del mismo, anulando así el mecanismo en mayor o menor grado hasta compensar el exceso de par entregado a la rueda con menor adherencia.

Gracias a los diferenciales controlados, los vehículos no se quedan atrapados en los lodazales ni circulan inestables por caminos que ofrecen diferente adherencia a las ruedas de un mismo eje.

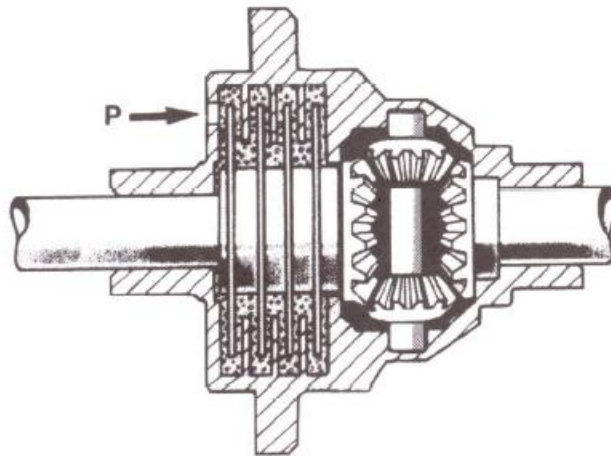
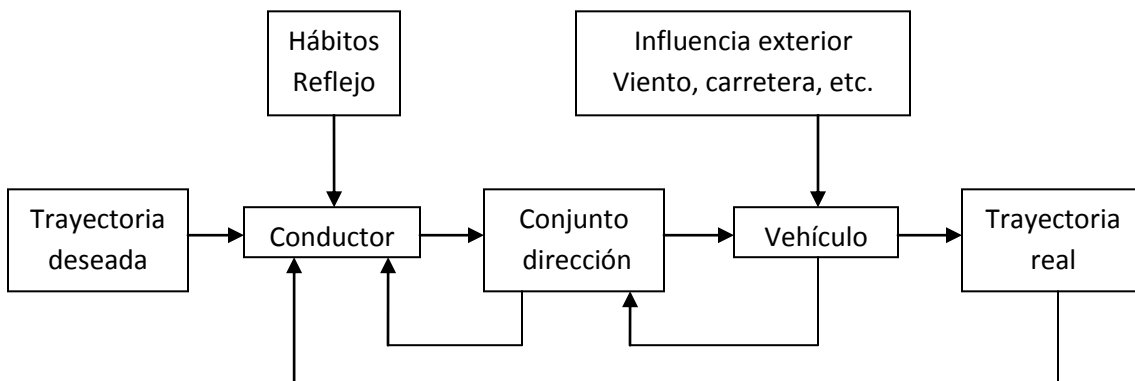


Figura 1.2 – Diferencial controlado mediante un embrague de láminas. *P*: entrada de presión.

I.2.2 Dirección

Es el conjunto del vehículo que tiene por objeto, orientar las ruedas directrices, según los deseos del conductor.

En el siguiente esquema, se muestran los factores que, intervienen en la conducción. En él se establecen dos circuitos; uno de mando, desde el conductor hasta la trayectoria real, pasando por el mecanismo de dirección del vehículo, y otro de respuesta, dando información al conductor.



Esquema 1.1

Cuando las ruedas directrices se orientan para tomar una curva, todas las ruedas del vehículo deben rodar evitando que al mismo tiempo deslicen, limitando desgastes no deseados en los neumáticos.

Desde el punto de vista de seguridad activa, los requerimientos y comportamientos exigidos a los sistemas de dirección de un vehículo deben ser:

1. Que garantice una conducción estable y segura.
2. Las vibraciones producidas por las irregularidades del terreno deben ser amortiguadas y no transmitidas al volante. Sin embargo, no deben eliminarse en su totalidad para que el conductor no pierda la percepción del estado del pavimento.
3. Los juegos de los mecanismos deben poder transmitir la transmisión de las órdenes del volante de dirección, con giros inferiores a 1 grado.
4. Cuando se libera la acción sobre del volante, éste debe volver a su posición de conducción en línea recta.

Con los sistemas de dirección asistida se consiguen todos los requerimientos anteriores.

No obstante, una seguridad total en el sistema implica la actuación desigual del sistema de dirección asistida en función de la velocidad de éste, lo que ha derivado en el concepto de dirección adaptativa.

Una dirección de asistencia adaptativa es aquella en la que además de cumplirse los requerimientos anteriores, posee las características siguientes:

- Disminuye el esfuerzo realizado por el conductor durante las maniobras al estacionarse u otras realizadas a muy baja velocidad.
- Aumenta el esfuerzo del conductor cuando el vehículo circula a alta velocidad.

En ambas situaciones se favorece la seguridad en la conducción, dado que las maniobras realizadas a baja velocidad o a vehículo parado, requieren un esfuerzo mínimo, mientras que a altas velocidades, el endurecimiento de la dirección produce una mejor impresión de centrado del vehículo.

Una dirección adaptativa consta fundamentalmente de:

- Una fuente de energía (bomba hidráulica)
- Un elemento dosificador del esfuerzo de asistencia
- Un motor lineal, generalmente hidráulico
- Y un sistema calculador que capta constantemente las siguientes variaciones
 - Velocidad del vehículo
 - Ángulo de giro del volante
 - Aceleración transversal del vehículo (opcional)

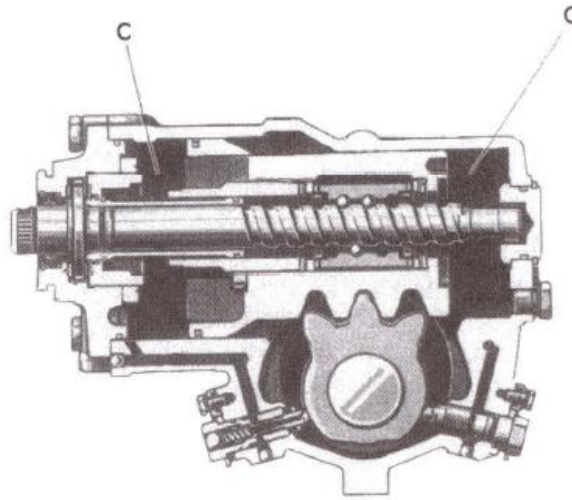


Figura 1.3 – Caja de dirección servoasistida. C: cámara de presión del servohidráulico.

I.2.3 Suspensión

Las soluciones clásicas y modernas para la reducción de la transmisión de las vibraciones originadas por las irregularidades del terreno al chasis o carrocería del vehículo, se han basado en la interposición de elementos llamados “de suspensión” entre ejes y chasis o carrocería.

El sistema de suspensión tiene dos misiones en los automóviles: una de seguridad, cuyo objetivo es mantener constante el contacto de las cuatro ruedas con el suelo o, lo que es lo mismo, evitar que las ruedas sufran aceleraciones verticales mayores que el valor de g (9.81 m/s^2) y otra de comodidad, que consiste en frenar y amortiguar las oscilaciones de la carrocería debidas a las irregularidades del terreno, para confort del conductor y los ocupantes del vehículo.

Los sistemas de suspensión de dureza variable tienen un microprocesador que controla el grado de actuación de los amortiguadores, adaptando la suspensión al estado de la carretera y la carga del vehículo; de esta manera, se ofrece en cada situación particular la máxima seguridad conjugada con el confort máximo.

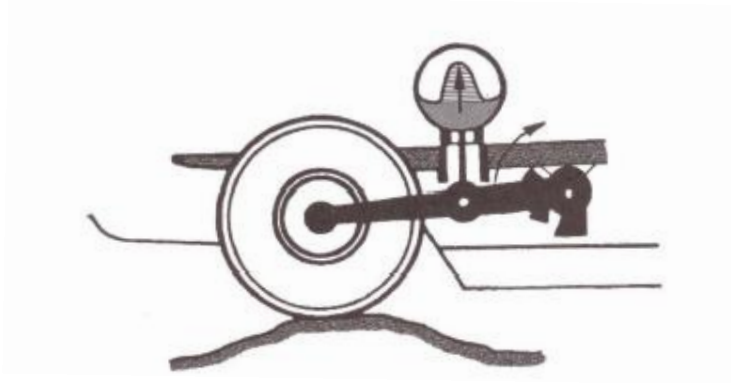


Figura 1.4 – *Sistema de suspensión variable.*

En estos sistemas de suspensión, los amortiguadores tienen dispositivos para regular la presión y el caudal de paso, a través del émbolo, de su fluido interno; el control de estos dos parámetros se realiza mediante una bomba y el correspondiente circuito con válvulas distribuidoras. Un microprocesador, llamado también unidad de mando, supervisa la actuación de todo el conjunto, según las señales que recibe de los periféricos instalados sobre los elementos elásticos de la suspensión.

Gracias a las señales generadas por los periféricos, el microprocesador actúa sobre las válvulas distribuidoras, que modificarán la presión y el llenado de los amortiguadores. De esta manera, el microprocesador determinará en cada momento la dureza de la suspensión del vehículo en función de la carga que lleva y del estado del camino por donde circula.

I.2.3.1 Suspensiones Bose y Mercedes Benz

Hoy en día compañías como Bose y Mercedes Benz han solucionado las dos principales metas de una suspensión que son brindar confort y control del vehículo, mediante los sistemas denominados “Bose Suspension System” y “Mutilink Suspension”. Bose ha incorporado este sistema en algunos vehículos, mientras que Mercedes Benz lo ha integrado en su versión Clase S. Estas suspensiones muestran su eficacia al realizar maniobras repentinas como al cambiarse de carril, frenar o acelerar; eliminando el balanceo del vehículo y manteniéndolo sobre un mismo eje como es mostrado en las *Figuras 1.5 y 1.6.*



Figura 1.5 – *Suspensión Multilink de Mercedes Benz.*



Figura 1.6 – *Sistema de suspensión ABC (Active Body Control) de Mercedes Benz, diseñada para contrarrestar los efectos de balanceo y vibraciones, durante maniobras repentinas.*

I.2.4 Frenos

El dispositivo de frenado lo forma el conjunto de órganos del vehículo que tiene por función disminuir progresivamente su velocidad, hacer que se detenga o mantenerlo inmóvil si se encuentra ya parado.

Según el “Reglamento de tránsito de carreteras federales”, en México el dispositivo de frenado para vehículos de dos ejes debe cumplir las siguientes funciones:

- *Frenado de servicio.* El frenado de servicio debe permitir al conductor el control del vehículo en marcha deteniéndolo de forma segura y eficaz, cualquiera que sean sus condiciones de velocidad, carga y pendiente de la carretera. Estos frenos deben actuar sobre todas las ruedas.
- *Frenado de estacionamiento.* El freno de estacionamiento debe permitir mantener el vehículo en un declive ascendente o descendente, en ausencia del conductor, y con un mecanismo que sea puramente mecánico. Además, debe actuar sobre todas las ruedas o al menos sobre una rueda de cada lado del plano longitudinal medio del vehículo.

I.2.4.1 Frenos antibloqueo (ABS)

Los frenos antibloqueo impiden que el conductor bloquee las ruedas cuando efectúa una frenada enérgica, puesto que con esto se pierde el control direccional del vehículo y se incrementa el espacio del frenado ya que al arrastrar las ruedas bloqueadas sobre el asfalto se funde la goma de la cubierta y el vehículo resbala sin control sobre una masa viscosa de goma fundida.

El sistema ABS tiene un microprocesador que controla la velocidad de giro de las ruedas mediante unas coronas dentadas solidarias con éstas, cuyos dientes inducen una corriente alterna, de frecuencia proporcional a la velocidad de giro de la rueda, al pasar frente a una bobina fija en el chasis alimentada con una corriente eléctrica por el módulo electrónico de control.

Cuando las ruedas tienden a quedarse bloqueadas por la acción de los frenos, el microprocesador del módulo electrónico de control corta el paso del líquido de frenos desde la bomba hacia los bombines de las ruedas y, si es necesario, los vacía parcialmente para aliviar la presión evitando el bloqueo de la rueda, de manera que la frenada sea lo más corta posible y sin pérdida de la dirección.

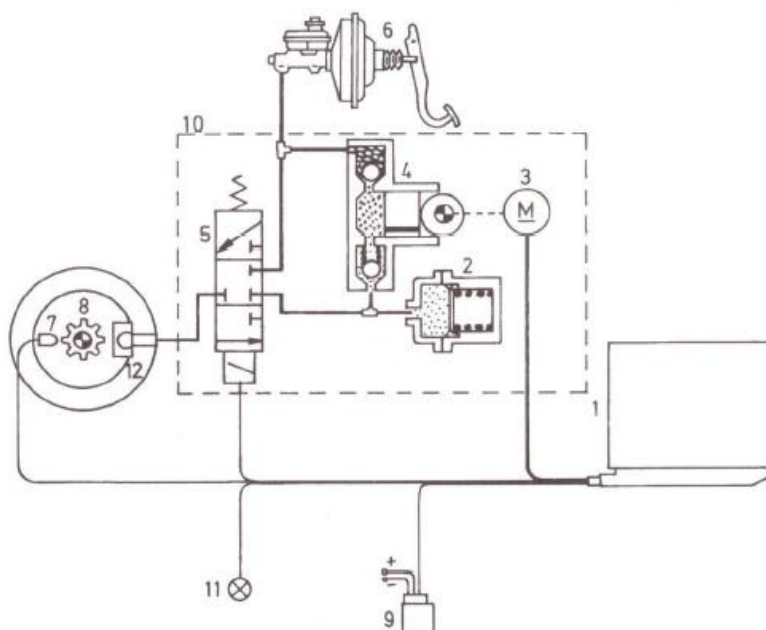


Figura 1.7 – Esquema de un SFA (ABS). 1) Módulo electrónico. 2) Acumulador de presión. 3) Motor eléctrico. 4) Bomba **de excéntrica**. 5) Válvula de tres vías. 6) Bomba de freno con servo. 7) Captador de velocidad giro rueda. 8) Rueda fónica. 9) Relé de alimentación. 10) Módulo hidráulico. 11) Lámpara testigo en cuadro de instrumentos. 12) Bombín freno rueda.

I.2.4.2 Tiempo perdido de frenado

La distancia recorrida por un vehículo desde que el conductor advierte el obstáculo u otro riesgo, hasta detenerse, es la suma de las distancias recorridas en tres períodos de tiempos llamados respectivamente:

- Tiempo de reacción
- Tiempo de respuesta de los frenos
- Tiempo de frenado

El tiempo de reacción es variable y suele estimarse entre 0.3 y 1.7 s, dependiendo de factores personales y externos.

El tiempo de respuesta de los frenos es el transcurrido desde que el pedal del freno es accionado hasta que la presión en el circuito de frenos comienza a aumentar. Es el tiempo empleado en aproximar las zapatas o pastillas hacia los tambores o discos respectivamente.

El tiempo de frenado puede descomponerse en dos nuevos períodos: uno hasta alcanzar una presión determinada y otro, hasta parar el vehículo actuándose los frenos con dicha presión.

Se considera que la mitad del tiempo empleado en la consecución de la presión de frenado deseada, es inútil a efectos de desaceleración, produciendo la otra mitad los efectos de desaceleración deseados.

Por ello, el tiempo durante el cual el vehículo marcha a velocidad casi constante, desde que el conductor percibe la necesidad de frenar es llamado “tiempo perdido”.

$$t_p = t_r + t_a + \frac{t_s}{2}$$

t_p Tiempo perdido

t_r Tiempo de respuesta del conductor

t_a Tiempo de respuesta de los frenos

t_s Tiempo hasta alcanzar la presión nominal de frenado

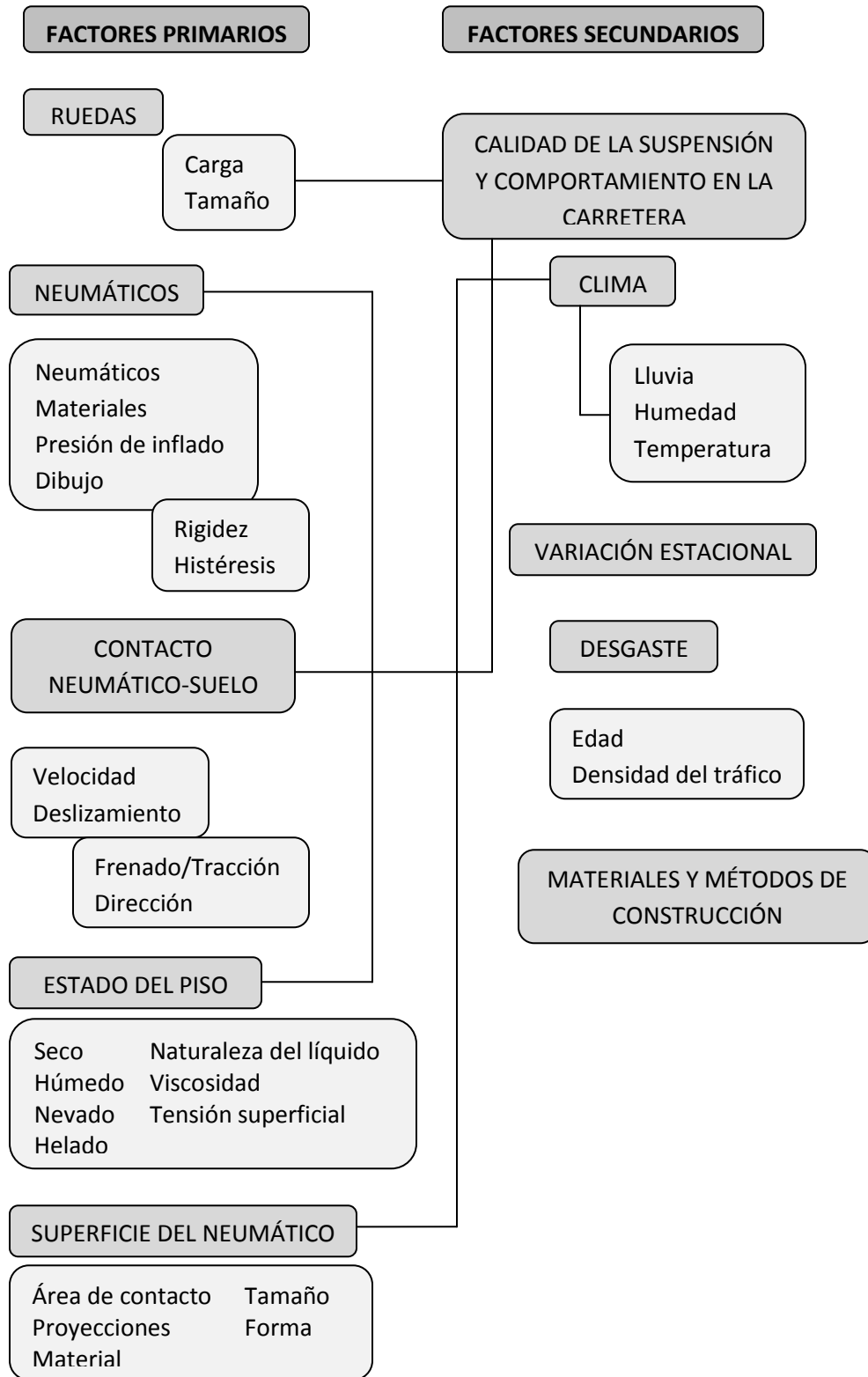
1.2.4.3 Función de los neumáticos en la adherencia con el camino

Uno de los factores de tradicional importancia en la seguridad activa de los vehículos, es la adherencia entre neumático y el suelo, por su influencia en los fenómenos de patinaje.

En el *Esquema 1.2* se representan los factores primarios que tienen un efecto directo sobre la adherencia, y, los secundarios, que deben tomarse en consideración por su acción recíproca sobre los anteriores.

FACTORES DETERMINANTES DEL DESGASTE DE NEUMÁTICOS

<i>Energía de desgaste</i>			
Velocidad	Carga sobre rueda	Fuerzas de arrastre	Características de suspensión
Presión de inflado	Área de elipse de contacto	Ángulo de ataque	Clase de ruta: Curvas Pendientes
Propiedades abrasivas del piso	Presión de contacto con el suelo	Elasticidad del neumático	
Condiciones climatológicas	Temperatura del neumático		



Esquema 1.2

I.2.4.3.1 Sistema de monitoreo de presión en neumáticos

Este sistema tan importante incorporado a algunos modelos de Mercedes Benz automáticamente detecta alguna pérdida sustancial de la presión en cualquiera de los neumáticos, no sólo alertando al conductor, sino indicando cual de ellos requiere atención.



Figura 1.8 – Sistema de monitoreo de presión en llantas.

I.2.4.3.2 Neumático Tweel de Michelin

Este neumático libre de aire está compuesto por una banda de rodadura de caucho, unida a la rueda por radios flexibles. Trayendo beneficios como: mayor distribución de la fuerza sobre el pavimento y mayor resistencia al desgaste. Además, de ser libre de mantenimiento.



Figura 1.9 – Neumático Tweel de Michelin.

I.3 Seguridad pasiva

La seguridad pasiva se encarga de minimizar los posibles daños de los ocupantes del vehículo en caso de accidente. Además, engloba desde el diseño de la estructura de la carrocería hasta los cinturones de seguridad y las bolsas de aire.

Las principales causas generadoras de accidentes (desde el punto de vista de la seguridad pasiva) pueden derivarse del propio vehículo o de agentes externos a él. Por otra parte, las condiciones de seguridad pasiva no sólo deben atenuar las consecuencias del accidente ya producido, sino también las que derivarían de determinadas situaciones anormales o de emergencia como una frenada brusca o riesgo de incendio.

La gran mayoría de normas y medidas relacionadas con la seguridad pasiva se refieren a la protección de los ocupantes ante accidentes que conlleven el riesgo de choque o vuelco, así como de su evacuación.

Las normas de seguridad pasiva pueden clasificarse en internas y externas.

Las primeras, que se refieren al diseño del vehículo y a la formación profesional de los conductores, tienden a disminuir o evitar daños a los ocupantes en colisiones a velocidades inferiores a un valor determinado.

Las medidas de seguridad externa establecen restricciones en la carrocería, defensas, salpicaderas y otros accesorios para evitar o aminorar accidentes a peatones o ciclistas.

El conjunto de elementos a los que se encomiendan las funciones de seguridad pasiva en un vehículo son por ejemplo:

- Cinturones de seguridad y sus anclajes
- Cabeceras
- Asientos y sus anclajes
- Protección de ocupantes
- Parabrisas y cristales
- Resistencia al vuelco (techo, puertas, pilares, etc.)
- Cerraduras y bisagras
- Acondicionamiento interior
- Salientes exteriores
- Depósito de combustible

Por otra parte, desde el punto de vista de seguridad pasiva, los riesgos potenciales más importantes que afectan a los vehículos son: el choque frontal, el choque lateral, el choque trasero, el vuelco, el riesgo de incendio y la colisión con peatones y ciclistas.

Para garantizar el máximo nivel de seguridad pasiva, se han tenido que examinar todos estos accidentes posibles. Y, además, se han tenido en cuenta las distintas velocidades en las que pueden darse los impactos, los distintos tipos de obstáculos y la protección de los pasajeros con características físicas diferentes.

Tabla 1.1³

Tipo de colisión	Proporción de todas las colisiones (%)
Colisión frontal	59
Colisión lateral (lado del conductor)	14
Colisión lateral (lado opuesto al conductor)	9
Colisión posterior	5
Vuelco	14

I.3.1 Cuadrantes de colisión

Tabla 1.2

Colisión	Zona
Frontal	11, 12, 1
Trasera	5, 6, 7
Lateral derecha	2, 3, 4
Lateral izquierda	8, 9, 10

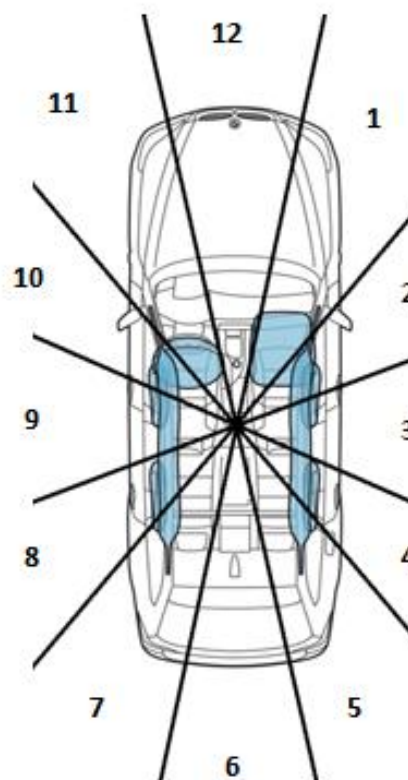


Figura 1.10

³ Fuente: Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito (2004, p. 107).

I.3.2 Choque frontal como mayor riesgo potencial en automóviles

El choque frontal representa los casos en los que se producen colisiones entre dos vehículos, o entre un vehículo y un objeto no automóvil. Este tipo de accidentes no supone necesariamente que la colisión sea totalmente frontal, como se puede observar en los cuadrantes de colisión, sino que pueda producirse en la dirección de la marcha del vehículo y, por ejemplo, contra una de la esquinas (generalmente la izquierda).

Durante el choque frontal, la energía del impacto es absorbida por las deformaciones de la parte delantera del vehículo, e incluso, en ciertos casos, por el compartimiento de pasajeros.

El conjunto de reglamentaciones puede clasificarse en tres categorías: las que atiendan el comportamiento de la estructura del vehículo, las que tratan sobre los sistemas de retención de los ocupantes y las que intentan minimizar el efecto de una segunda colisión. Es decir, los efectos de los impactos de los pasajeros contra el tablero o entre ellos.

Como ejemplo:

- La limitación del desplazamiento del volante en caso de choque
- Prevención de apertura de las puertas en caso de choque
- La conservación de ciertas cotas dimensionales mínimas en caso de choque
- Retención de los ocupantes
- Puntos de anclaje de los cinturones de seguridad y asientos
- Sistema de seguridad por bolsas de aire



Figura 1.11 – Foto proporcionada por el IIHS (Insurance Institute for Highway Safety). Muestra la prueba de impacto frontal de un BMW 325i modelo 2006.

CAPÍTULO II

Pruebas de impacto y dispositivos de seguridad pasiva

II.1 Programas de evaluación de automóviles

Los programas de evaluación de automóviles conocidos por sus siglas en inglés, NCAP¹, someten a los nuevos modelos a una serie de pruebas en situación de colisión y califican su desempeño. Asimismo, orientan a los compradores, promueven la seguridad y reconocen el mérito de los fabricantes que se enfocan en la protección de los ocupantes.

En los Estados Unidos existen dos principales grupos que evalúan la seguridad en automóviles; la NHTSA² y el IIHS³, mientras que en Europa las realiza la Euro NCAP.

Las pruebas a evaluar son las de impacto frontal y lateral, resistencia al toldo, de parachoques, así como las cabeceras de los asientos y protección al peatón en caso de atropellamiento; ofreciendo una importante fuente de información sobre el desempeño de los nuevos automóviles en situación de choque.

Los objetivos esenciales de la protección en caso de choque son:

- Mantener la integridad del compartimiento o cabina de los ocupantes.
- Proporcionar protección contra elementos que podrían causar daños en el interior del automóvil.
- Asegurar que los ocupantes del vehículo estén debidamente sujetos por sus cinturones de seguridad o sillas para el caso de niños.
- Reducir la probabilidad de que resulte expulsado del vehículo algún ocupante.
- Prevenir las lesiones mutuas de los ocupantes al momento de una colisión.
- Mejorar la compatibilidad entre los vehículos de distinta masa.

Las normas de protección en caso de accidente se centran actualmente en el diseño estructural y sistemas de seguridad pasiva como: el diseño e instalación de los cinturones de seguridad, los dispositivos de retención para niños, las bolsas de aire, los asientos y sus cabeceras.

¹ *New Car Assessment Program*

² *National Highway Traffic Safety Administration*

³ *Insurance Institute for Highway Safety*

II.2 Pruebas de impacto y evaluación de vehículos nuevos

II.2.1 Prueba de impacto frontal

En la página anterior, hicimos mención que tanto la NHTSA como el IIHS realizan pruebas de impacto frontal. Aunque ambas son diferentes, son complementarias. En la prueba de la NHTSA, dos *maniqués que representan la talla promedio de un adulto hombre*⁴, son colocados en los asientos delanteros (conductor y pasajero), con los cinturones de seguridad puestos. Enseguida, el vehículo es chocado contra una barrera a 56.3 km/h (35 mph), lo cual es equivalente a una colisión entre dos vehículos similares, cada uno moviéndose a una velocidad de 56.3 km/h (35 mph) en direcciones opuestas (ver fig 2.1).

En esta prueba se mide la fuerza del impacto en la cabeza, cuello, tórax, pelvis, miembros pélvicos y pies del maniquí. Esta evaluación frontal, permite evaluar la posibilidad de sufrir una *lesión seria*⁵ en la cabeza y tórax tanto para el conductor como para el pasajero delantero.

Tabla 2.1 Evaluación de impacto frontal según la NHTSA

★★★★★	10% o menos probabilidad de lesiones serias.
★★★★	11% a 20% probabilidad de lesiones serias.
★★★	21% a 35% probabilidad de lesiones serias.
★★	36% a 45% probabilidad de lesiones serias.
★	46% o mayor probabilidad de lesiones serias.

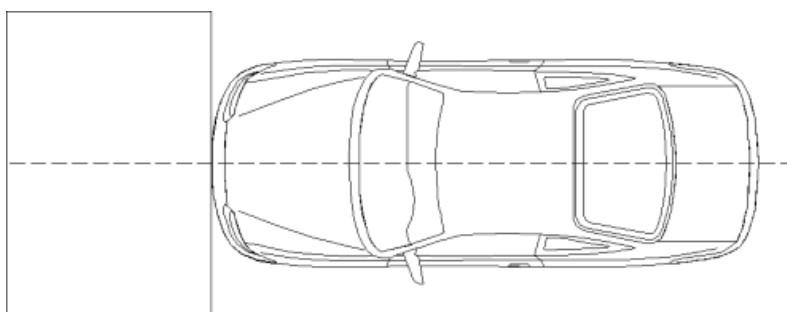


Figura 2.1 – Prueba de impacto frontal conducida por la NHTSA.

⁴ Estos maniqués son utilizados indistintamente por el IIHS y la NHTSA, representando las medidas de un estadounidense promedio de 77.1 kg de peso y 1.75 m de altura.

⁵ Lesión seria es la que requiere hospitalización inmediata con posibles secuelas permanentes.

La prueba de impacto frontal conducida por el IIHS es de tipo “offset”⁶. En esta evaluación, el automóvil es colisionado contra una barrera deformable del lado del conductor a 64.3 km/h (40 mph), lo cual genera fuerzas semejantes a un choque frontal del mismo tipo y peso, entre dos vehículos que viajan a 64 km/h (40 mph) en direcciones opuestas.

El IIHS clasifica al vehículo en: Bueno (Good), Aceptable (Acceptable), Marginal (Marginal) o Pobre (Poor). La valoración no sólo corresponde a la probabilidad de salir lesionado en un accidente sino que también observa qué tan bueno es el desempeño de la estructura y el movimiento del maniquí, así como su posible expulsión parcial del vehículo.

Tabla 2.2 Clasificación del desempeño según el IIHS

G	Bueno
A	Aceptable
M	Marginal
P	Pobre

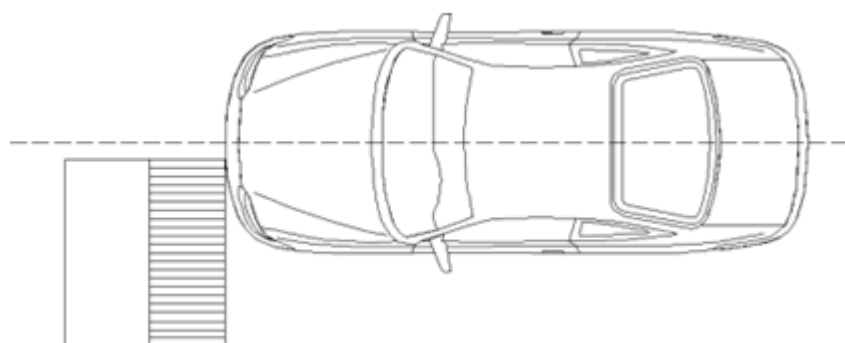


Figura 2.2 – Prueba de impacto frontal de tipo “offset” conducida por el IIHS.

⁶ La prueba de tipo “offset” consiste en chocar el 40 por ciento de frente al vehículo, de lado del conductor.

Debido a la diferencia que existe entre las pruebas que realizan las dos organizaciones, los resultados son distintos pero complementarios. En la prueba por parte de la NHTSA donde el frente del vehículo es chocado completamente, la fuerza sobre los sistemas de retención es mucho mayor, por lo que miden cómo es manejada esa energía en los ocupantes en caso de colisión. Por otro lado, en la prueba realizada por el IIHS sólo una parte del frente del automóvil maneja toda esa energía, así que observan el comportamiento de la estructura del vehículo y alguna posible intrusión en la cabina de los ocupantes.

II.2.2 Prueba de impacto lateral

Este tipo de prueba simula una colisión lateral que podría ocurrir en una intersección, chocando una barrera deformable contra el vehículo en estudio. En la prueba de la NHTSA, dos maniqués que representan la talla promedio de un adulto hombre, son colocados en el asiento del conductor y en el asiento directamente posterior. Enseguida, una barrera de 1367.5 kg (3015 lb) es chocada contra el vehículo a una velocidad de 61.9 km/h (38.5 mph). La fuerza del impacto en la cabeza, cuello, tórax y pelvis de los maniqués es medida, sin embargo, la evaluación sólo indica la posibilidad de tener lesiones graves en el tórax. Las lesiones en la cabeza, no son incluidas en la evaluación de estrellas, sino reportadas separadamente por la NHTSA en lo llamado “safety concern”⁷, cuando son consideradas excesivas.

Tabla 2.3 Evaluación de impacto lateral según la NHTSA

★★★★★	5% o menos probabilidad de lesiones serias.
★★★★	6% a 10% probabilidad de lesiones serias.
★★★	11% a 20% probabilidad de lesiones serias.
★★	21% a 25% probabilidad de lesiones serias.
★	26% o mayor probabilidad de lesiones serias.

En la prueba del IIHS la barrera que impacta el vehículo es un tanto distinta, así como el tamaño y las mediciones obtenidas de los maniqués. Este grupo usa un sistema de evaluación que va desde “Bueno” hasta “Pobre”, midiendo lesiones potenciales en la cabeza, cuello, tórax, abdomen, pelvis y fémur. Los dos maniqués que usa el IIHS representan mujeres por debajo de la talla promedio o niños de 12 años (1.52 m de alto y 49.8 Kg de peso), que son colocados en el asiento del conductor y en el asiento posterior a él.

⁷ *Temas de seguridad que ocurren en pruebas del NCAP y que no son reflejados en las mediciones usadas para calcular la evaluación de estrellas. Son indicados por el símbolo (!), colocado como superíndice a la derecha de la categoría evaluada. Algunos ejemplos incluyen fallos en la estructura o componentes del vehículo, fugas de combustible o abertura de puertas.*

La barrera del IIHS es deformable con un peso de 1496.8 Kg (3300 lb) y de forma semejante al frente de una camioneta "Pick up"⁸ o "SUV"⁹, y es propulsada contra el costado del vehículo en estudio a 49.8 km/h (31 mph) proporcionando una intrusión mucho más severa que en la prueba conducida por la NHTSA. Este tipo de impacto es muy severo y es poco probable que las personas que experimenten la colisión salgan libres de lesiones.



Figura 2.3 – Prueba de impacto lateral a Jeep Wrangler 4 puertas realizada por el IIHS.

⁸ Tipo de camioneta que cuenta con una zona de carga descubierta en la parte posterior.

⁹ Sport Utility Vehicle, son vehículos ligeros todo terreno.

II.2.3 Prueba de vuelco y resistencia del toldo

En los Estados Unidos la NHTSA se encarga de evaluar la probabilidad de vuelco. Esta dependencia gubernamental comenzó asignando a los vehículos una evaluación basada en cálculos matemáticos que consideraban el peso y centro de gravedad para crear una probabilidad de vuelco llamada “Factor de Estabilidad Estática”¹⁰. En 2004, realizó pruebas dinámicas que consisten en simular un vehículo con una carga de cinco pasajeros y tanque de gasolina lleno. El vehículo es conducido para simular un cambio de carril repentino; si dos de las llantas se levantan al menos 5 cm del pavimento simultáneamente, se considera el precursor de una volcadura.

Tabla 2.4 Evaluación para vuelco según la NHTSA

★★★★★	10% o menos probabilidad de vuelco.
★★★★	10% a 20% probabilidad de vuelco.
★★★	20% a 30% probabilidad de vuelco.
★★	30% a 40% probabilidad de vuelco.
★	40% o mayor probabilidad de vuelco.

¹⁰ Es la medida de la resistencia del vehículo a volcarse y está basada en sus propiedades geométricas más importantes. Mientras más grande sea el factor, menos posibilidad de vuelco existe. Este es calculado mediante la siguiente fórmula:

$$SSF = \frac{T}{2H}$$

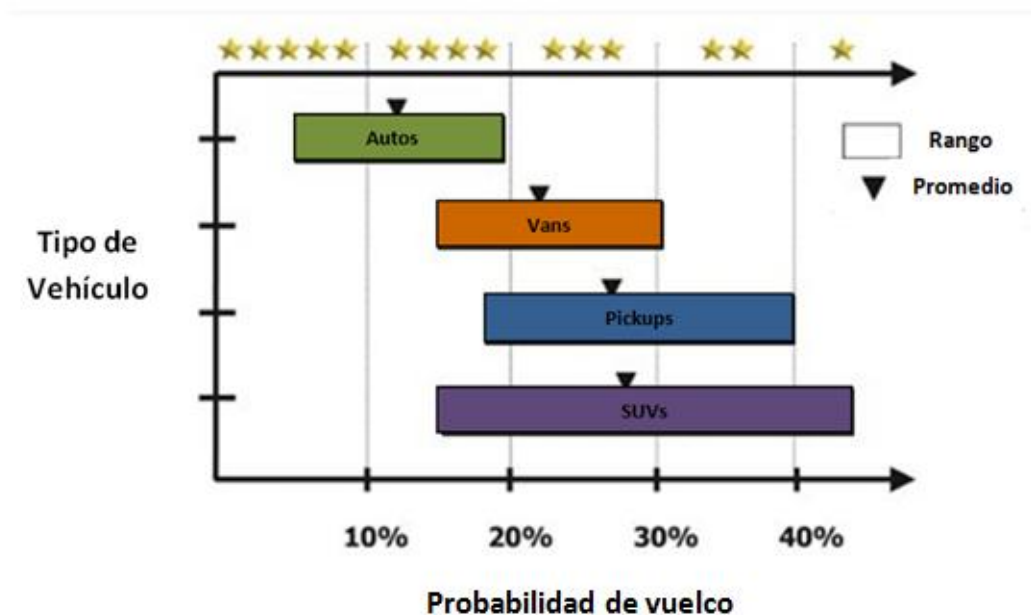
Donde:

SSF = Factor de Estabilidad Estática (Static Stability Factor)

T = Distancia entre los centros de la llanta derecha e izquierda

H = Altura del centro de gravedad del vehículo

Gráfica 2.1 Probabilidad de vuelco dependiendo del tipo de vehículo¹¹



En el IIHS se realizan pruebas que miden la resistencia del toldo, por medio de una placa metálica que es presionada contra un costado del toldo a una velocidad constante. Para obtener “Bueno” en la evaluación, el toldo debe soportar una fuerza de 4 veces el peso del vehículo antes de alcanzar un desplazamiento de 12.7 cm (5 pulg.) de compresión. Esto es llamado proporción fuerza-peso. Para obtener “Aceptable” en la evaluación, la proporción mínima de fuerza-peso es de 3.25. Mientras que para obtener una evaluación “Marginal” es de 2.5 y cualquier valor menor es “Pobre”.

¹¹ Datos obtenidos por el NCAP (2001-2003).

Gráfica 2.2 Comparación de dos vehículos considerados como “Bueno” y “Pobre” en prueba de resistencia del toldo

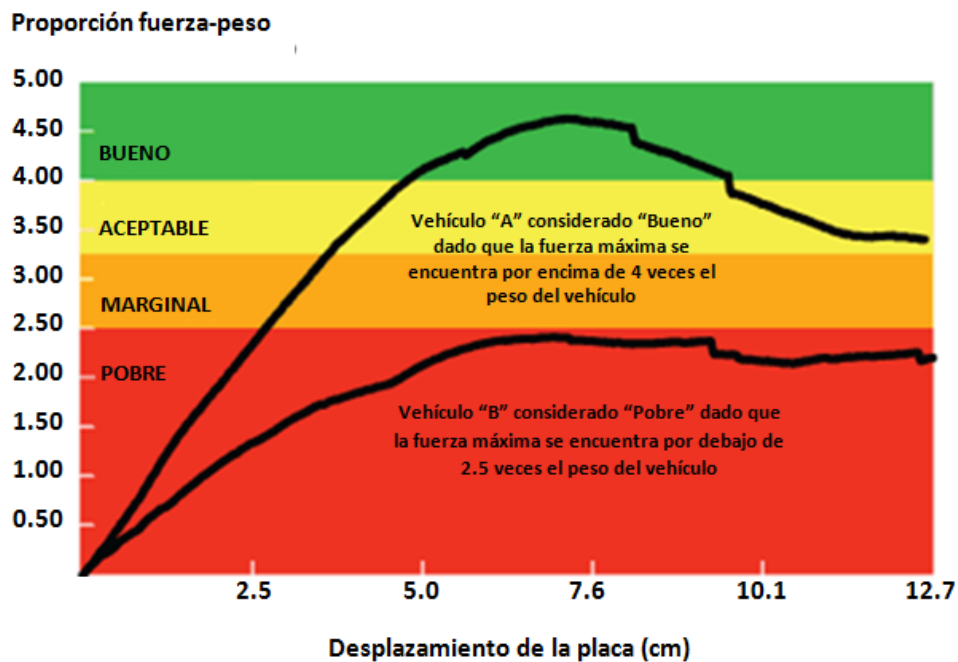


Figura 2.4 – Prueba de resistencia al toldo realizada por el IIHS a un Volvo C30 modelo 2010.

II.2.4 Prueba de impacto posterior

Actualmente en los Estados Unidos sólo el IIHS evalúa la protección contra impactos posteriores; aunque este tipo de accidentes no representan un alto riesgo de muerte, son la causa más común de lesiones en el cuello, conocidas como “latigazo”, es por esta razón que el IIHS considera importante su estudio.

El IIHS usa medidas estáticas y dinámicas para medir el soporte de la cabeza de un maniquí en una prueba simulada de impacto posterior. Para comenzar con el estudio, los investigadores colocan un maniquí que representa la talla promedio de un adulto hombre en un asiento con respaldo ajustable a 25 grados. Observan si la cabecera está por lo menos tan alta como el centro de gravedad de la cabeza del maniquí o 8.9 cm (3.5 pulg.) debajo de la parte superior de la cabeza. La distancia por detrás, debe ser la menor posible. Si las cabeceras son ajustables, entonces las medidas son tomadas en la posición más favorable. Como en otras pruebas conducidas por esta Institución, la evaluación va de “Bueno” a “Pobre”.

En la prueba dinámica un maniquí que representa a un adulto hombre de talla promedio, es situado en el asiento del vehículo en estudio, el cual a su vez es colocado en una plataforma que simula cuando un auto sin movimiento ha sido chocado por la parte posterior por otro vehículo de peso similar a 32.1 km/h (20 mph). En esta evaluación se mide el impacto en la cabeza, cuello, columna vertebral y tórax.



Figura 2.5 – Prueba de impacto posterior conducida por el IIHS.

II.2.5 Prueba de parachoques a baja velocidad

El IIHS conduce otro tipo de prueba que aunque no evalúa la seguridad, puede ser interesante para los consumidores, obteniendo una calificación basada en el costo de reparación del vehículo.

La serie de 4 pruebas de impacto que realiza dicho Instituto (parachoques delantero y trasero a 9.6 km/h (6 mph) e impactos en las esquinas de los parachoques frontal y trasero a 4.8 km/h (3 mph)) evalúa el tipo de daño que ocurre comúnmente en colisiones de baja velocidad. En esta prueba cada vehículo corre contra una barrera de acero que simula un parachoques, el cual está compuesto por una cubierta plástica que absorbe parte de la energía, imitando el parachoques completo. Asimismo, esta evaluación, está diseñada para mejorar los costos de reparación en accidentes viales.



Figura 2.6 – Prueba de parachoques a baja velocidad. 1) Parachoques delantero completo. 2) Parachoques trasero completo. 3) Esquina de parachoques delantero. 4) Esquina de parachoques trasero.

II.3 Dispositivos de seguridad pasiva en el automóvil

II.3.1 Estructura de la carrocería

La estructura de un automóvil debe presentar la rigidez suficiente para absorber la energía de un choque sin llegar al habitáculo; pero no debe ser tan rígida de manera que la energía del impacto se transmita a los pasajeros. Las estructuras de tipo monocasco son las que mejor se adaptan a estas exigencias, proporcionando deformaciones progresivas en caso de accidente, tanto en la parte delantera, como la trasera, manteniendo intacto el espacio destinado a los pasajeros.

Las carrocerías son fabricadas generalmente de acero de alta resistencia o de aleaciones de aluminio, y plástico reforzado con fibra de vidrio. Las carrocerías de acero presentan el inconveniente de ser muy sensibles a la corrosión. Por esta causa se recubren de varias capas de pintura; pero frente a este inconveniente, tienen la ventaja de que su rigidez es la más adecuada para producir la deformación necesaria, que absorba la energía del choque sin llegar a producirse aplastamiento, siendo las más empleadas en la actualidad. Las carrocerías fabricadas de aleaciones de aluminio presentan una reducción de peso entre el 25 y 40% con respecto a las fabricadas de acero, además gracias a la moldeabilidad del aluminio es posible fabricar estructuras de gran rigidez; sin embargo, el costo de fabricación es mucho mayor.

En la estructura de una carrocería de tipo monocasco las partes delantera y trasera disponen de zonas especialmente deformables, capaces de absorber la energía desarrollada en un impacto, mientras que el habitáculo se configura como una zona rígida de seguridad, desviando y disipando las fuerzas de colisión, lo que resulta especialmente importante en las zonas laterales, que están protegidas con fuertes soportes estructurales implantados en las puertas previniendo la intrusión del impacto (ver fig 2.7).

II.3.2 Columna de dirección fraccionada

La columna de dirección es el eje que une el volante que maneja el conductor con el mecanismo denominado caja de dirección; en ésta se albergan los engranajes que transforman el giro del volante en desplazamientos de varillaje que hacen girar las ruedas.

Cuando en una colisión el cofre es deformado, las ruedas delanteras sufren un empujón hacia atrás transmitiendo esa energía a todo el sistema de dirección y al volante, mismo que es empujado hacia la posición del conductor, justo en el momento que éste es desplazado enérgicamente hacia delante. Esta situación ha causado en el pasado la muerte de gran número de conductores (ver fig 2.8).

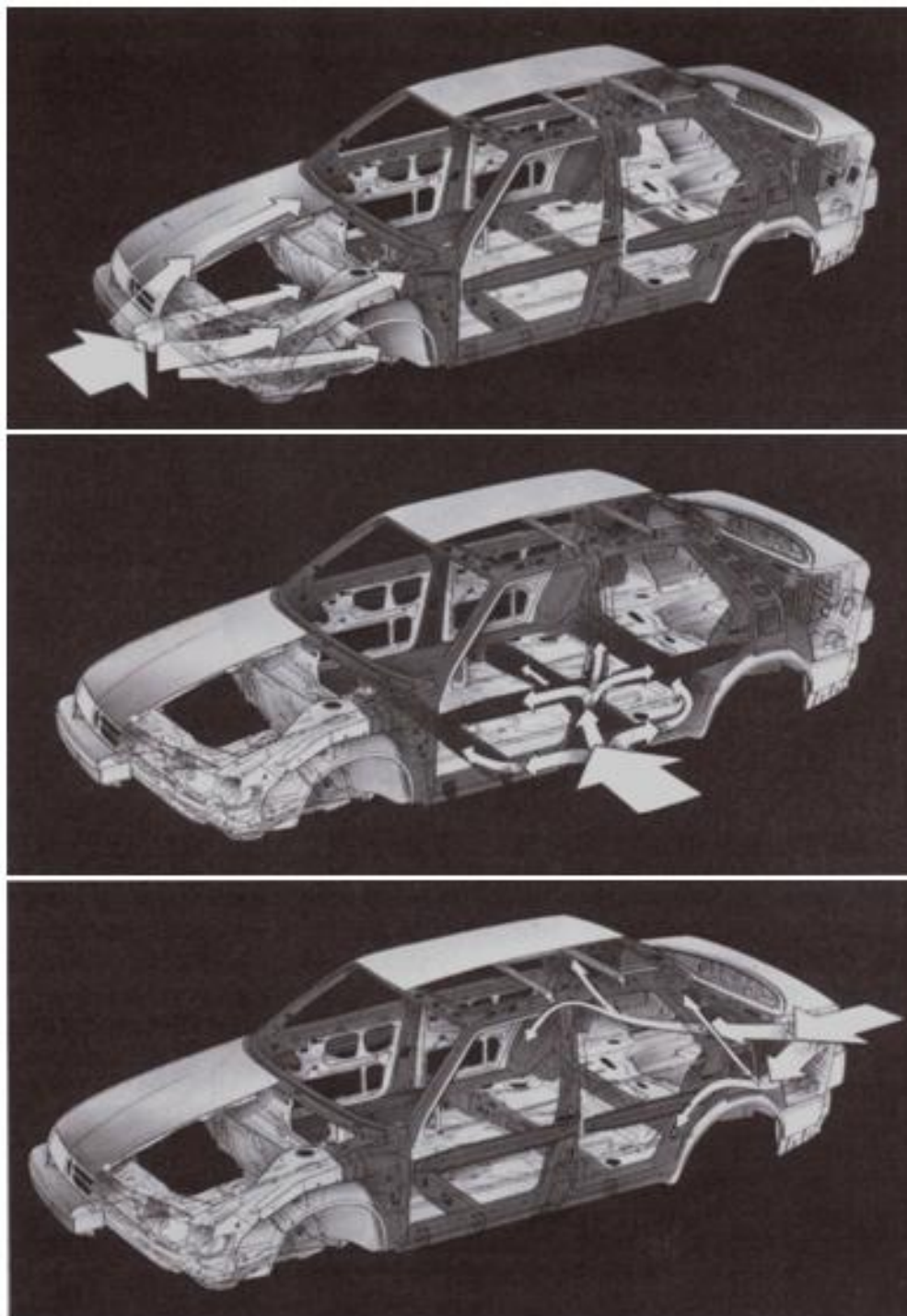


Figura 2.7 – *Distribución de fuerzas en colisión frontal, lateral y posterior para una estructura de tipo monocasco.*

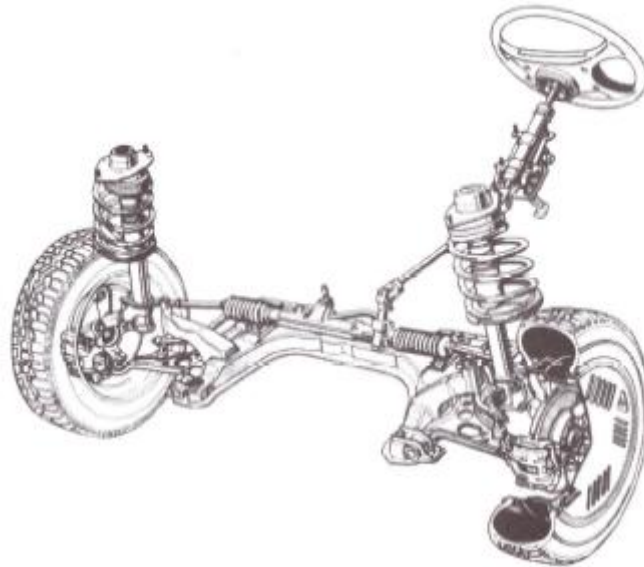


Figura 2.8 – Sistema de dirección.

En los vehículos actuales las columnas de dirección están formadas por dos mitades que van unidas por la interposición de diferentes tipos de juntas. Sin disminuir la rigidez del eje, estas juntas permiten que éste acorte su longitud en caso de choque y el encuentro con el tórax del conductor sea menos violento. De esta manera la fuerza del impacto entre ambos disminuye y se limita la gravedad del accidente.

Existen diferentes sistemas de juntas para árboles de dirección siendo las más usuales:

- La junta Cardan
- La malla deformable
- Los pernos de rotura

La junta Cardan es una unión articulada que permite el giro entre ejes que no estén alineados, de manera que el giro del volante se transmite íntegro a la caja de dirección, y gracias a la diferente inclinación entre las dos mitades de la columna de dirección, cuando ésta es sometida a esfuerzos opuestos en sus extremos se pliega la junta evitando incrustarse en el conductor.

El sistema de *malla deformable* consiste en disponer la columna de dirección en dos tubos telescópicos que encajan, de forma deslizante, con unas ranuras el uno dentro del otro y están unidos por su parte externa con un casquillo de malla metálica soldado a ambos tubos. La resistencia de esta malla es inferior a la fuerza de impacto con el cuerpo del conductor, de manera que al chocar se pliega la malla permitiendo que los tubos telescópicos deslicen, uno dentro del otro, disminuyendo la longitud de la columna de dirección.

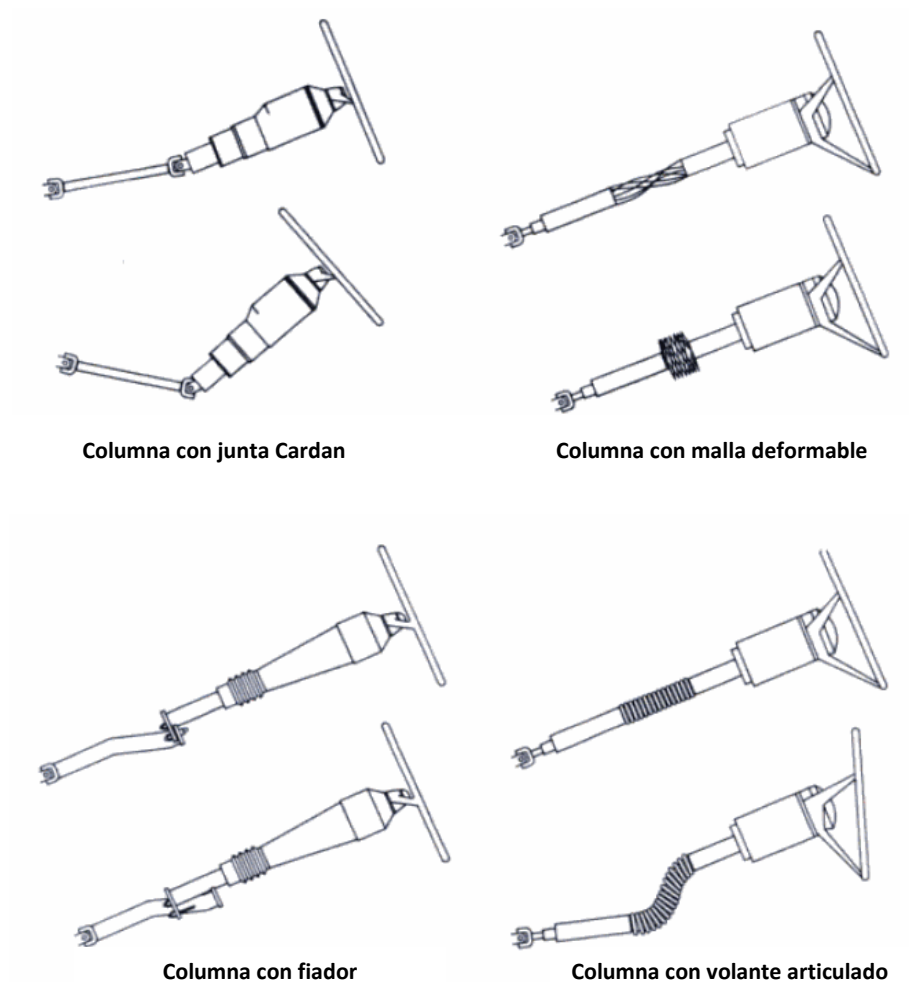


Figura 2.9 – Seguridad pasiva en la columna de dirección.

Los *pernos de rotura* (columna con fiador) son la unión entre dos piezas soldadas a los dos extremos de cada mitad de la columna de dirección. Un golpe repentino rompe los pernos y permite el deslizamiento de una semicolumna respecto a la otra gracias a una leve desviación de una de las dos mitades.

La evolución de este sistema ha llevado a algunas compañías a incorporar volantes articulados al eje de la dirección; esta articulación va fijada por un seguro que permite dirigir con firmeza el vehículo y, en caso de accidente, se rompe quedando libre el volante en su articulación y acoplándose a la posición del tórax del conductor proporcionando un choque más amortiguado.

Actualmente, existen columnas de dirección que varían su índice de absorción considerando aspectos como el uso del cinturón de seguridad, el peso del ocupante y la severidad del impacto.

II.3.3 Cinturón de seguridad y freno de inercia

Para disminuir el desplazamiento y evitar la colisión de los ocupantes con la carrocería en caso de accidente, los vehículos han sido dotados de los cinturones de seguridad, que mantienen a todos los ocupantes sujetos al respaldo de su asiento.

Los cinturones de seguridad están fabricados mediante una tela con la resistencia suficiente para absorber la energía que desplaza a los ocupantes del vehículo, sin romperse ni sufrir deformaciones permanentes, y tienen el ancho suficiente para que, en su acción de retención, no lleguen a producir lesiones serias en el cuerpo de la persona que es retenida en el asiento.

La tela del cinturón está sujeta por sus dos extremos a la carrocería y, gracias a una hebilla deslizante que encaja en un cierre automático, el cinturón se ajusta al cuerpo de la persona. Uno de los puntos de anclaje está situado en el bastidor del auto cerca del suelo y el otro extremo, que es retráctil, se encuentra detrás del hombro de la persona, cerca de la cabecera del asiento correspondiente.

El mecanismo retráctil consiste en un cilindro, solidario a un muelle en el que se enrolla la tela del cinturón, va encerrado dentro de un contenedor o caja; gracias a la acción del muelle, siempre queda ajustado el cinturón al tórax de la persona que lo utiliza, ejerciendo una suave presión sobre su cuerpo independientemente de su corpulencia. Cuando no se utiliza el cinturón el muelle lo mantiene recogido, enrollado sobre el cilindro dentro de su caja.

El cierre automático de la hebilla está fijado al piso pero se eleva, gracias a un cable forrado de plástico, hasta el nivel de la cintura del ocupante y en el lado opuesto, respecto al asiento, donde se sitúan los anclajes del cinturón, de manera que la persona que lo utiliza sentada en su asiento queda sujeta a tres puntos de la carrocería: los dos anclajes del cinturón y el cierre de la hebilla.

Es primordial que el cierre de la hebilla funcione correctamente y se pueda desabrochar con una simple presión para evitar quedar atrapados por el cinturón después de un accidente.

La eficacia del cinturón la proporciona un freno de inercia situado a la salida de la caja, que contiene el cinturón enrollado; este freno es sensible a las sacudidas ocasionadas por las fuerzas de inercia trabando el cinturón cuando el ocupante sale disparado hacia adelante, en caso de detención brusca o choque.

El pequeño lapso de tiempo que tarda en actuar el freno de inercia, junto con la flexibilidad de la tela del cinturón, permiten un ligero desplazamiento de la persona que lo usa y, de esta manera, la energía cinética adquirida se transforma en fuerza de rozamiento entre el cuerpo humano y el cinturón. Por eso, es conveniente no llevarlo flojo debido a que el freno de inercia actúa hasta que se produce el tirón de la persona.

II.3.4 Tensores del cinturón de seguridad

Con la finalidad de reducir las posibles lesiones en los ocupantes debido a las desaceleraciones por una colisión, los tensores suprimen los recorridos en que el cinturón ha quedado destensado, manteniendo el cuerpo de los ocupantes en el respaldo del asiento.

El tensor consta de una turbina solidaria con el eje del cilindro que enrolla el cinturón y, dispuesto sobre los álabes de esta turbina, un depósito que contiene una pastilla de nitruro sódico y un detonador o fulminante.

Por medio de un decelerómetro se consigue una pequeña corriente eléctrica que provoca la explosión del fulminante y éste, a su vez, la de la pastilla de nitruro sódico; desprendiendo una gran cantidad de gases en el proceso. Estos gases salen del depósito que contiene al combustible y son dirigidos, a través del tubo, sobre los álabes de la turbina solidaria al eje del cinturón, generando un enérgico tirón del cinturón que impide que la persona que lo lleva ajustado pueda levantarse del asiento durante los segundos que las fuerzas de inercia empujan, con mayor intensidad, hacia adelante.

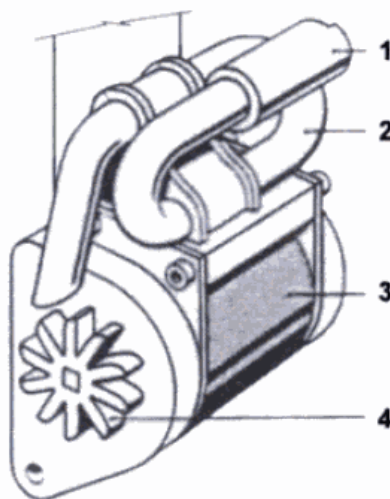


Figura 2.10 – Tensor de cinturón de seguridad. 1) Depósito de combustible. 2) Tubo conductor de gases. 3) Cinturón de seguridad enrollado sobre el tambor. 4) Turbina del eje del cinturón.

El decelerómetro se monta en un lugar estratégico de la carrocería en una posición lo más cercana posible al centro de gravedad del vehículo, o bien a su misma altura, para conseguir la máxima sensibilidad respecto a las desaceleraciones que sufre el vehículo.

Un microprocesador filtra las señales que se generan con el funcionamiento normal del vehículo, cuando acelera y cuando frena, de manera que sólo accedan al fulminante, para activarlo, las señales generadas por enormes desaceleraciones, como las que se producen en caso de colisión. De esta manera se evitan actuaciones innecesarias del sistema que, si bien resulta de una eficacia excelente, tiene el inconveniente que cada vez que actúa se deben reponer el detonador y la pastilla de combustible sólido.

II.3.5 Bolsas de aire

Este dispositivo complementa la acción del cinturón de seguridad y su objetivo es evitar que la cabeza del conductor choque contra el parabrisas o el volante cuando ocurre una colisión, interponiendo un obstáculo flexible que acoja la cabeza de la persona y evite el golpe.

El mecanismo de la bolsa de aire es parecido al utilizado en los tensores del cinturón de seguridad, pero aquí el producto de la combustión de la pastilla de combustible sólido, es dirigido hacia el interior de una bolsa de tela fina que se infla en unos pocos milisegundos; esta bolsa, permanece escondida en un pequeño compartimiento situado dentro del volante, o en la tapa de la guantera, disimulado por otra tapa.

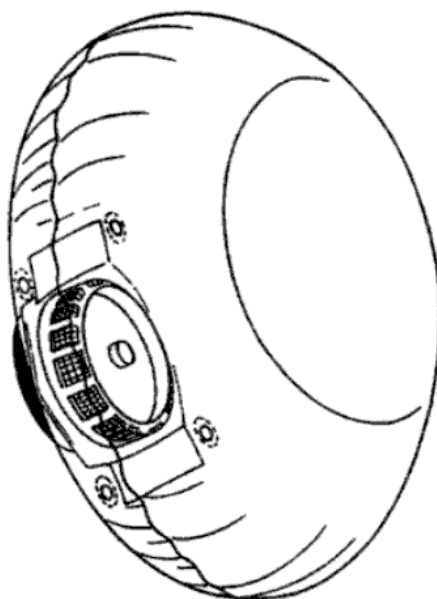


Figura 2.11 – *Bolsa de aire frontal para conductor.*

Un dispositivo electrónico de control idéntico al utilizado en el tensor de los cinturones, recibe una señal del decelerómetro, en caso de colisión, y desencadena el inflado de la bolsa de aire; ésta se infla mediante el mismo sistema de ignición utilizado para tensar los cinturones de seguridad; en consecuencia, estos componentes, de control e ignición, resultan de uso indistinto tanto para el tensor de cinturones como para las bolsas de aire.

El proceso de ignición del combustible sólido que genera el gas que infla la bolsa, se desarrolla de manera tan rápida y violenta, que resulta en una explosión. Como resultado de la acción preventiva, el conductor recibe un fuerte impacto en el rostro propinado por la tela de la bolsa.

Las bolsas disponen en sus laterales de unas ranuras para que los gases que la han inflado puedan escapar; dejando libre la cara del conductor. Según la situación de las manos del conductor sobre el volante, éstas recibirán una ligera quemadura al entrar en contacto con los gases que han inflado la bolsa y que escapan de ella, ya que están calientes debido a la combustión.

También la tapa que mantenía oculta la bolsa, según sea la posición de las manos del conductor en el volante, puede golpear sus brazos.

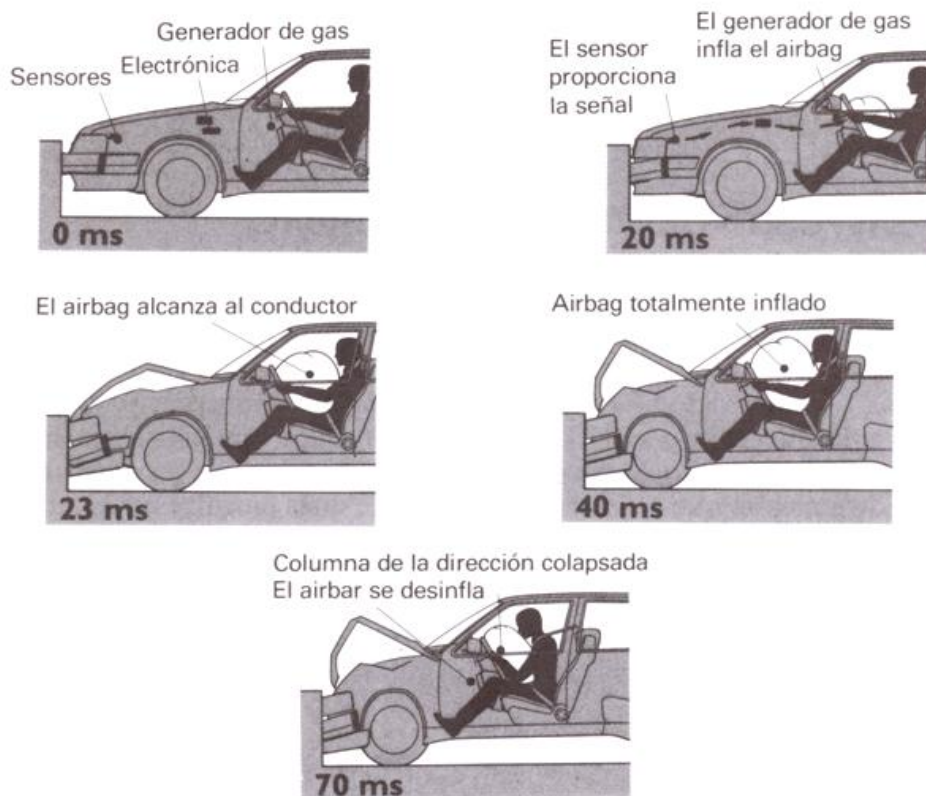


Figura 2.12 – *Secuencia de accionamiento de bolsa de aire en impacto frontal.*

II.3.5.1 Tipos de bolsas de aire

II.3.5.1.1 Bolsas de aire frontales

Se clasifican en frontales de primera y segunda generación; las bolsas de primera generación proporcionan seguridad a los ocupantes de los asientos delanteros aún sin cinturón de seguridad pero incrementan el riesgo para los niños y *adultos de talla pequeña*¹². Las bolsas de segunda generación fueron desarrolladas para mitigar este problema siendo de 20 a 35 por ciento menos agresivas que las de primera generación. Estas bolsas de aire de multi-etapa cuentan con diversas características como control de inflado dependiendo de la severidad del choque o el peso y la posición del ocupante o el uso del cinturón de seguridad.

II.3.5.1.2 Bolsas de aire laterales

Son dispositivos diseñados para proteger la cabeza y/o el tórax de impactos laterales siendo particularmente importantes debido a que pueden ser el único obstáculo entre el ocupante y el frente del vehículo u otro objeto. Existen tres tipos de bolsas laterales dependiendo de la protección que brindan:

- Bolsa lateral para cabeza
- Bolsa lateral para tórax
- Bolsa lateral para cabeza y tórax

La *bolsa de aire para protección de la cabeza* es usualmente montada por encima de la ventanilla lateral y es diseñada para proteger la cabeza de un adulto en caso de impacto. Hay dos tipos de bolsas de aire para protección de la cabeza: cortina y tubular. La tipo cortina protege tanto a los ocupantes delanteros como traseros de impactos laterales ofreciendo una protección superior que la bolsa de tipo tubular, además de proveer protección en caso de volcadura manteniendo la cabeza y otros miembros dentro del vehículo.

La *bolsa de aire para protección del tórax* es montada al costado del asiento o en la puerta, y está diseñada para proteger el tórax de un adulto en caso de impacto lateral.

La *bolsa lateral para cabeza y tórax* es usualmente montada al costado del asiento abarcando más allá del tórax del ocupante al momento de desplegarse y es diseñada para proteger tanto la cabeza como el tórax de un adulto.

¹² Son aquellas personas que se encuentran por debajo de la talla promedio de un adulto hombre estadounidense.

II.3.5.1.3 Bolsas de aire para rodillas

Algunos fabricantes proveen a los vehículos de bolsas de aire para rodillas montándolas en la parte inferior del tablero, debajo del volante de dirección. Estas bolsas distribuyen las fuerzas de impacto para reducir lesiones en las piernas y también ayudan a reducir fuerzas en el tórax y abdomen del ocupante controlando su movimiento.

II.3.5.1.4 Bolsas de aire para cinturón de seguridad

Las bolsas de aire para el cinturón de seguridad han sido anunciadas en Noviembre de 2009 por Ford Motor Company para formar parte del equipo de seguridad en la próxima generación de la Ford Explorer. Esta tecnología combina los atributos del cinturón de seguridad y de una bolsa de aire proporcionando mayor protección a los ocupantes de los asientos traseros.

El sistema de retención es diseñado para reducir lesiones en cabeza, cuello y tórax en los pasajeros de los asientos posteriores quienes frecuentemente son niños y adultos mayores, siendo los más vulnerables a sufrir lesiones.

En caso de colisión frontal o lateral el cinturón inflable incrementa el área de contacto cinco veces más que el cinturón convencional, esparciendo la presión del choque y proporcionando soporte adicional en la cabeza y cuello. Este dispositivo es inflado con gas frío comprimido, el cual fluye desde un cilindro debajo del asiento hasta la bolsa que se encuentra en el cinturón.



Figura 2.13 – Sistema de 9 bolsas de aire del Mercedes Benz Clase E modelo 2010.

II.3.6 Cabeceras activas

En caso de impactos posteriores, las cabeceras activas se mueven hacia adelante y arriba, reduciendo la distancia entre la cabeza del ocupante y la cabecera. Esta acción ayuda a limitar el movimiento de la cabeza reduciendo la posibilidad o gravedad de una lesión en el cuello de tipo “latigazo”.

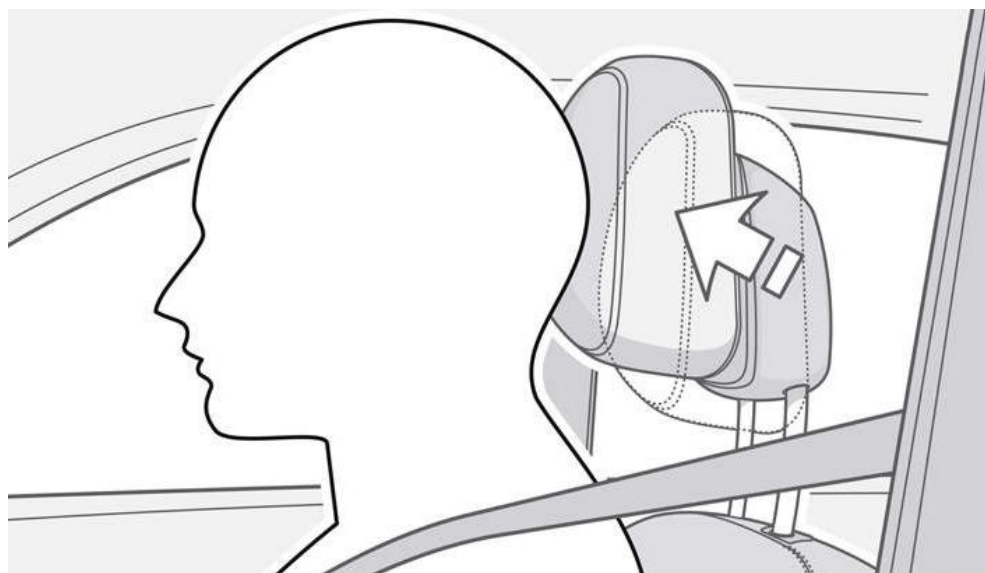


Figura 2.14 – *Movimiento de cabecera activa en caso de impacto posterior.*

II.3.7 Elementos de seguridad para niños y bebés

Debido a que los cinturones de seguridad están diseñados para actuar sobre el cuerpo de una persona adulta, no son adecuados para los niños por su baja talla y poco peso. Por esto, se hace necesario adoptar medidas pertinentes para que viajen cómodos y seguros.

La solución a este problema son las cunas para bebés y las sillas para niños.

Los recién nacidos deben viajar en cunas colocadas en sentido contrario a la marcha del vehículo, y en los asientos traseros, siendo mala idea colocarlos frente a la bolsa de aire delantera, debido a que pueden sufrir lesiones graves o incluso la muerte al desplegarse ésta; la única excepción en la cual los bebés pueden viajar en el asiento delantero es cuando la bolsa de aire puede desactivarse. Para que la cuna pueda retener al recién nacido debe disponer de un cinturón para fijarlo por la cintura y tórax, y a su vez de anclajes para su sujeción al cinturón de seguridad del asiento trasero.

Los niños de 1 a 4 años de edad y al menos 9 Kg (20 lb) de peso, deben ir sentados en sillas con respaldo, y al igual que las cunas, colocadas en los asientos traseros sujetas al cinturón de seguridad o anclajes del vehículo. Los elementos que sujetan a los niños a la silla suelen ser cinturones que descienden por ambos hombros, ajustándolos por el pecho y rodeándolos por la cintura; este tipo de cinturones mantienen a los niños sentados impidiendo que salten o sean empujados por las fuerzas de inercia.

Existen otros tipos de sillas diseñadas para niños de 4 a 8 años que los elevan, haciendo que el cinturón de seguridad les sea más adecuado a su talla, ajustándolo por la parte superior del muslo y a la mitad del hombro; y no en el abdomen pudiendo lesionar la pelvis u órganos internos en caso de accidente.

Todos estos elementos deben presentar superficies acolchonadas y sin ningún tipo de arista que pueda ocasionar heridas en caso de colisión.

La mayoría de los vehículos ensamblados después del 1 de septiembre de 2002 cuentan con un sistema de anclajes inferiores y correas de anclaje para niños, denominado LATCH¹³. Este sistema hace que la instalación del asiento de seguridad para niños sea más fácil y sin la necesidad de utilizar los cinturones de seguridad del vehículo.

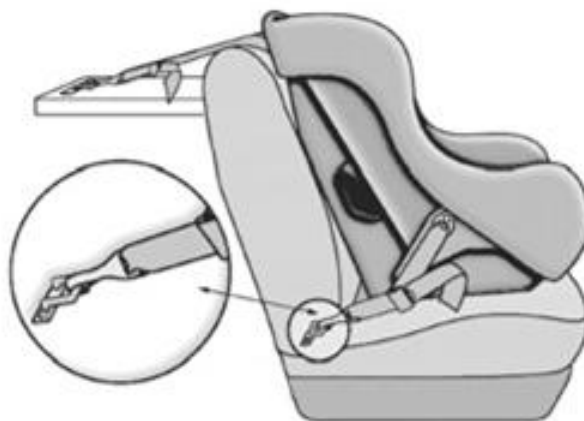
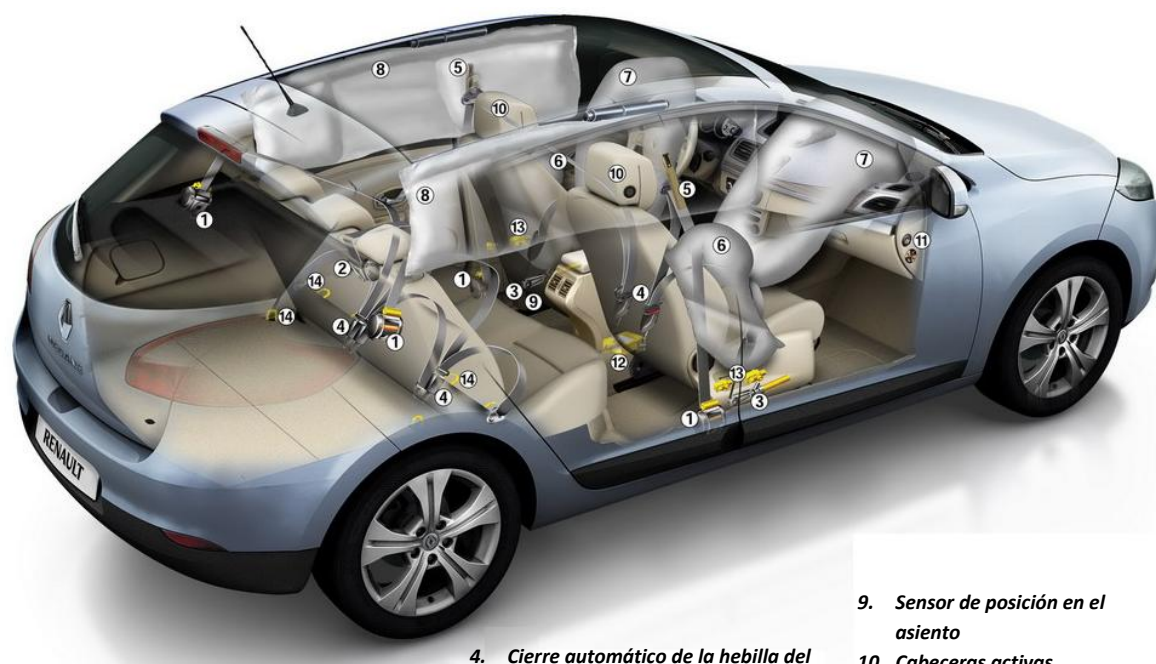


Figura 2.15 – Sistema de anclaje para sillas de niños LATCH.

¹³ *Lower Anchors and Tethers for Children*



- 1. Cinturones frontales y traseros con frenos de inercia y tensores
- 2. Asiento trasero central con freno de inercia en cinturón de seguridad
- 3. Tensores del cinturón de seguridad

- 4. Cierre automático de la hebilla del cinturón
- 5. Ajuste de altura del cinturón
- 6. Bolsa de aire para tórax, abdomen y pelvis
- 7. Bolsas de aire multi-etapa
- 8. Bolsa de aire tipo cortina

- 9. Sensor de posición en el asiento
- 10. Cabeceras activas
- 11. Desactivación de bolsa de aire para pasajero
- 12. Unidad de control bolsa de aire/tensor
- 13. Sensor para impactos laterales
- 14. Sistema de anclaje LATCH

Figura 2.16 – Dispositivos de seguridad pasiva.

CAPÍTULO III

Postura del ocupante y eficacia de los sistemas de retención en la disminución de lesiones de tránsito

III.1 Postura de los ocupantes

Para que el conductor y los pasajeros adquieran una postura correcta al sentarse en un vehículo, es necesario que los automóviles cuenten con asientos que la permitan, reduciendo la fatiga y, al mismo tiempo, aumentando la seguridad y el confort. Siendo así, los fabricantes deben considerar los siguientes principios para su diseño:

III.1.1 Distribución de peso

El asiento debe permitir que el peso del cuerpo se distribuya adecuadamente en la región de los glúteos, reduciéndose al mínimo la presión ejercida sobre los muslos. Tal distribución de presiones puede conseguirse utilizando un soporte adecuado en la superficie del asiento, aunado a una profundidad óptima del mismo, la cual, está en función de las dimensiones del conductor o pasajeros, combinando estas características con una buena selección de la altura y la forma del respaldo.

Por lo general al sentarse, las personas llegan a estar más cómodas cuando el peso del cuerpo es sostenido fundamentalmente por los isquiones. Estos huesos se encuentran situados en la pelvis y sus características anatómicas están preparadas para desempeñar funciones de soporte.

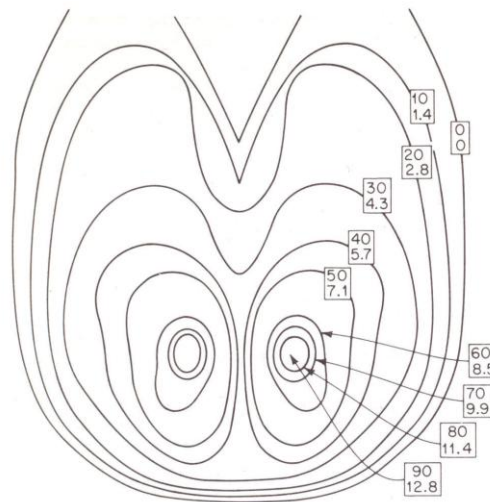


Figura 3.1 – Distribución deseable del peso de una persona conduciendo un vehículo, mostrando contornos de igual presión desde los isquiones hasta la periferia. El valor en cada cuadrado corresponde a la presión sobre cada contorno y se encuentra en g/cm² (valor superior) y en lb/pulg² (valor inferior).

III.1.2 Promoción de la lordosis lumbar

Cuando se encuentra erguido, la zona lumbar de la columna vertebral es naturalmente curvada, formando una concavidad posterior llamada lordosis. Esta lordosis alinea las vértebras de la columna en un eje vertical a través del muslo y la pelvis. Sin embargo, cuando se está sentado con los muslos a 90° , la zona lumbar puede formar un arco convexo, llamado xifosis. Esto ocurre debido a que la articulación de la cadera rota únicamente 60° , forzando a la pelvis a rotar 30° hacia atrás, logrando así un ángulo de 90° en los muslos. La xifosis lumbar genera un incremento de presión sobre los discos intervertebrales de toda la columna vertebral.

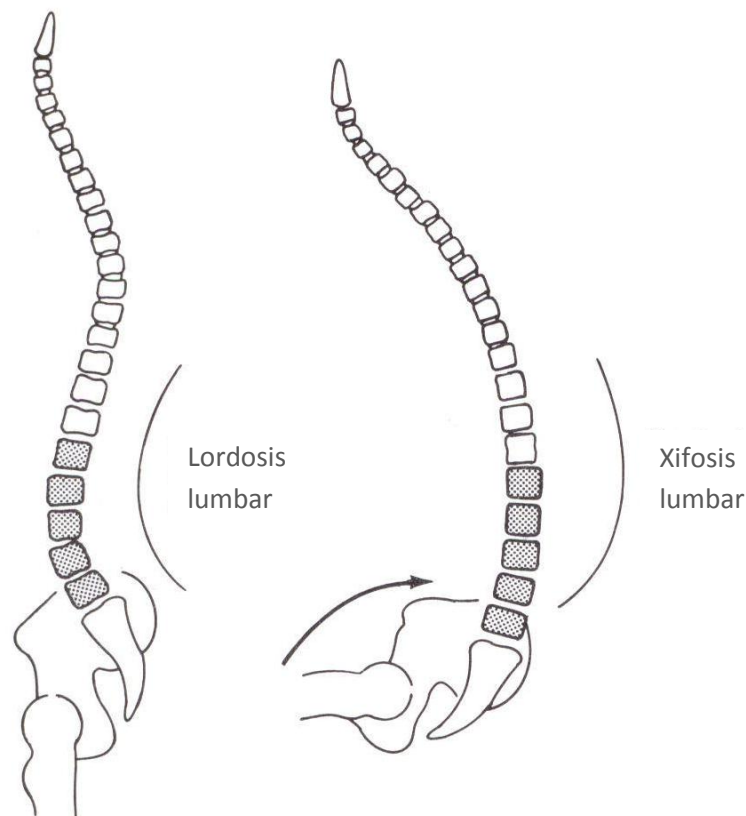


Figura 3.2 – Postura de la columna vertebral en posición de pie y sentado.

III.1.3 Minimizar la presión en los discos intervertebrales

Los discos intervertebrales pueden ser dañados por exceso de compresión, como por ejemplo, en un asiento sin respaldo. Cuando la columna se encuentra alineada verticalmente se incrementa la presión en un 40 por ciento con respecto a una postura erguida (lordosis forzada). Mientras que cuando la columna se encuentra arqueada formando xifosis lumbar, la presión se incrementa en un 90 por ciento, ambos casos en asientos sin respaldo.

El uso de asientos con respaldo reclinable ha marcado un efecto considerable en la reducción de la presión sobre los discos intervertebrales.

III.1.4 Reducir una postura fija

Una postura fija es estar sentado en una posición por largos periodos sin realizar un movimiento postural significativo. El cuerpo humano no debe estar en una sola posición por largos periodos de tiempo (estos largos periodos, pueden ser sólo algunos minutos, especialmente si no se está sentado con una postura correcta y comfortable), debido a que los discos intervertebrales dependen de cambios en la presión para recibir nutrientes y eliminar desechos. Los discos intervertebrales no están vascularizados; sino que los fluidos son intercambiados por *presión osmótica*¹. Estar sentado en una sola postura, sin importar que tan buena sea, resultará en la reducción del intercambio de nutrientes y a largo plazo en la aceleración del proceso degenerativo para los discos intervertebrales.

Esta postura sin movimiento, también produce cargas estáticas en los músculos de la espalda y los hombros, que pueden ocasionar dolor. Además, causa restricción en el retorno venoso del flujo de sangre desde los pies, a las piernas, hasta el corazón causando edema e incomodidad.




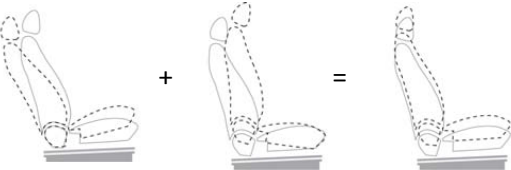
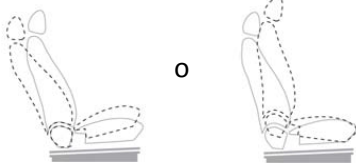


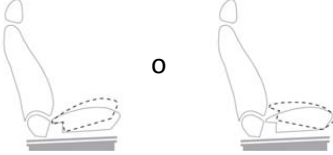
La mejor acción para reducir los efectos de una postura fija, es ponerse de pie y ejercitarse periódicamente, realizando flexiones y extensiones de espalda y miembros pélvicos.

III.1.5 Proveer de fácil ajuste







Los asientos que pueden ajustarse de varias formas son más adaptables, debido a que cada persona posee diferentes necesidades dependiendo de su anatomía y sobre todo su antropometría, esto es tanto su talla (estatura y peso), como su simetría y la longitud y calibre de los diferentes segmentos corporales. Sin embargo, muchos de los usuarios no están conscientes del ajuste que pueden presentar los mismos. Por esta razón en la *Tabla 3.1* se muestra el tipo de ajuste de los asientos en los vehículos.

¹ En el proceso de ósmosis el agua se distribuye a través de una membrana semipermeable hacia una solución de mayor concentración, hasta que el equilibrio es logrado. Durante este proceso el volumen de agua del lado que inicialmente contenía la mayor concentración incrementa. La presión que debe ser aplicada a este lado de la concentración para invertir el proceso de ósmosis es llamada *presión osmótica*.

Tabla 3.1 Tipo de ajuste para los asientos delanteros²

Tipo de ajuste	Imagen	Imágenes adicionales
Distancia al volante. Ajuste horizontal del asiento.		
Rotación del respaldo. Ajuste angular del respaldo.		
Altura. Ajuste vertical del asiento, puede ser de uno o dos controladores.	 <p data-bbox="591 978 760 1003">Un controlador</p>	 <p data-bbox="1008 978 1208 1003">Dos controladores</p>
Rotación del asiento. Ajuste angular del asiento, capaz de levantar la parte delantera y trasera.		
Altura del cojín del asiento. Ajuste vertical del cojín, independiente del respaldo. Puede ser de uno o dos controladores.	 <p data-bbox="591 1392 760 1417">Un controlador</p>	 <p data-bbox="1008 1392 1208 1417">Dos controladores</p>
Rotación del cojín del asiento. Ajuste angular del cojín, es capaz de levantar la parte delantera y trasera, independiente del respaldo.		

² El tipo de ajuste depende del vehículo y es variable para los asientos delanteros (conductor y pasajero).

<p>Soporte lumbar. Ajuste que sobresale de la parte más baja del respaldo, con la finalidad de proveer de soporte a la zona lumbar del ocupante.</p>		
<p>Rotación del parte superior del respaldo. Ajuste angular de la porción superior del respaldo con respecto a la porción inferior del mismo.</p>		
<p>Extensión del cojín del asiento. Ajuste que mueve o extiende una porción del cojín del asiento hacia adelante, incrementando su longitud total.</p>		
<p>Soporte lateral de respaldo y cojín. Ajuste del contorno del asiento.</p>		
<p>Altura de la cabecera. Ajuste vertical de la cabecera.</p>		
<p>Rotación de la cabecera. Ajuste angular u horizontal de la cabecera.</p>		

III.1.6 Altura del asiento

A fin de evitar una presión excesiva sobre el hueco poplíteo y los muslos, es importante elegir un automóvil con ajuste de altura, especialmente las personas altas que no se sientan cómodas en un asiento sin este tipo de movimiento. Debido a que la falta de altura ocasiona que se sienten sobre cierta zona de la espalda forzando a que se produzca una xifosis lumbar.

La altura adecuada se logra cuando el contorno frontal del asiento se encuentra ligeramente por debajo de la distancia entre el suelo y los muslos en posición de sentado.

III.1.7 Profundidad y anchura del asiento

La profundidad del asiento debe proporcionar confort tanto para personas altas como pequeñas, distribuyendo y reduciendo la presión sobre los muslos y los glúteos; mientras que el ancho debe ser suficiente para cualquier tipo de persona independientemente de su corpulencia.

III.1.8 Soporte y cojín del asiento

El cuerpo del conductor es envuelto en cierta forma cuando se sienta sobre una superficie acolchonada. Sin embargo, es necesario que el asiento distribuya el peso que se encuentra principalmente sobre los isquiones a la periferia. La distribución de este peso puede ser ayudada por soportes en el cojín, aunque también tiene la desventaja de restringir el movimiento y promover una postura fija. De esta manera un buen soporte debe ser capaz de mantener la postura, distribuir la presión y proveer de libertad de movimiento.

III.1.9 Parámetros del respaldo

Los respaldos de los asientos deben diseñarse para que permitan una adecuada curvatura de la columna vertebral al apoyarse sobre ellos. Algunos parámetros a considerar para el diseño de un respaldo son los siguientes:

- Ángulos de ajuste
- Anchura
- Altura
- Soporte lumbar

III.1.10 Ajuste de cabecera

En un impacto trasero, después de que el cuerpo es despedido hacia adelante, la espalda queda frenada por el respaldo, pero, si no hay una cabecera bien colocada, las vértebras y/o ligamentos cervicales pueden resultar con lesiones. Por esta razón, la cabecera debe cumplir la función de detener la cabeza del ocupante sin causar daño, deteniendo cuanto antes el arco que describe el movimiento hacia atrás.

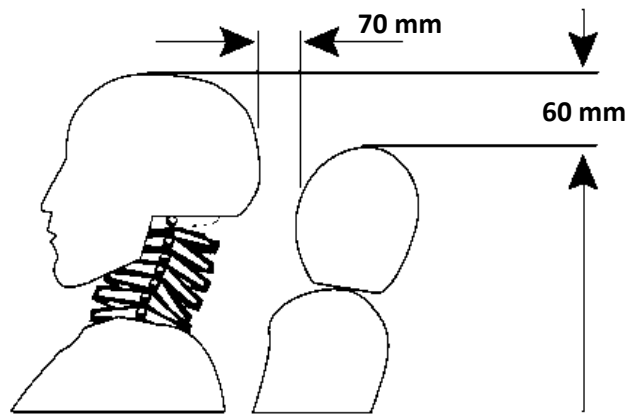


Figura 3.3 – Distancia máxima de ajuste de la cabecera para obtener una evaluación de “Bueno” en las pruebas realizadas por el IHS.

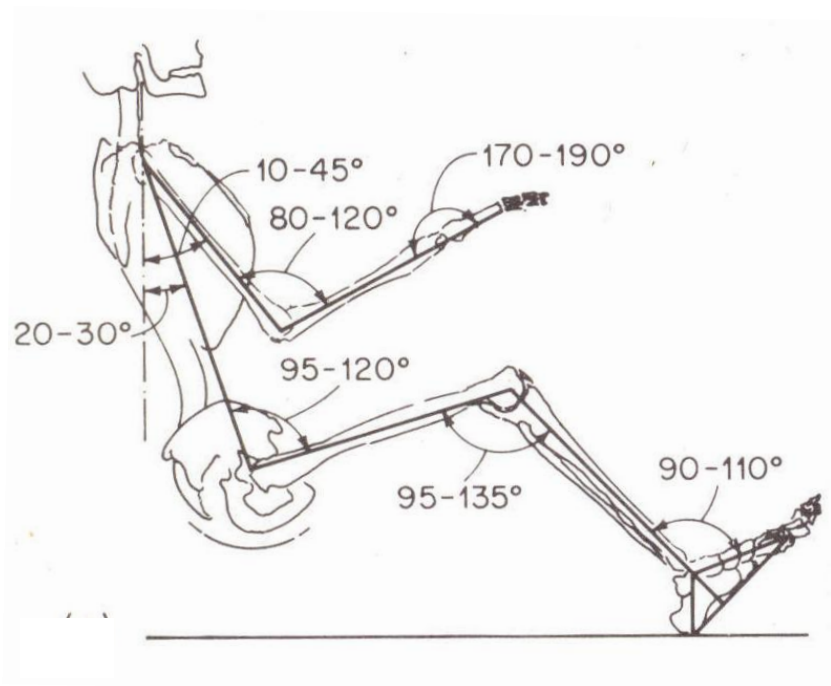


Figura 3.4 – Postura básica de conducción.

III.2 Posición de seguridad respecto a la bolsa de aire oculta en el volante

La probabilidad de salir con lesiones serias, causadas por la bolsa de aire oculta en el volante, disminuyen si el conductor utiliza el cinturón de seguridad y se sienta al menos a 25 cm del volante. De esta manera el riesgo de lesión por la bolsa de aire sólo se reduce a aquellos conductores que se coloquen cerca del volante, aunque los mismos presentarían otro riesgo sin la bolsa de aire por la posibilidad de golpear el volante fuertemente. Sin embargo, la mayoría de los conductores, incluso los de talla pequeña, pueden sentarse a la distancia mínima del volante y alcanzar los pedales. El problema de muchos conductores que se colocan cerca del volante es la xifosis lumbar que adoptan, pudiendo solucionarlo sentándose correctamente.

Para aquellos conductores de muy poca estatura que no pueden sentarse al menos a 25 cm del volante y alcanzar los pedales deben considerar extensores para los mismos de tal manera que se sientan cómodos.

Otro aspecto importante es que las bolsas de aire deben poderse apagar para mujeres embarazadas que no puedan mantener alejado el abdomen del volante, siempre considerando que un impacto fuerte sin bolsa de aire significa un alto riesgo de lesión o incluso la muerte.

La mayoría de los automóviles a partir de 1998 que cuentan con bolsas de aire, tienen infladores de menor potencia que reducen el riesgo de lesión, incluso para aquellas personas que no pueden colocarse a la distancia ya mencionada del volante.

Del lado del pasajero, no existe riesgo de lesión significativo para adultos con el cinturón de seguridad. Sin embargo, es importante considerar el poder desactivar la bolsa de aire cuando es necesario transportar a un infante con problemas médicos que requiere de supervisión y el conductor es la única persona en el vehículo. Otro caso en el cual se debe considerar el desactivar la bolsa de aire es cuando bebés o niños deben viajar en el asiento delantero, siempre teniendo en mente que el lugar más seguro es en el asiento trasero.

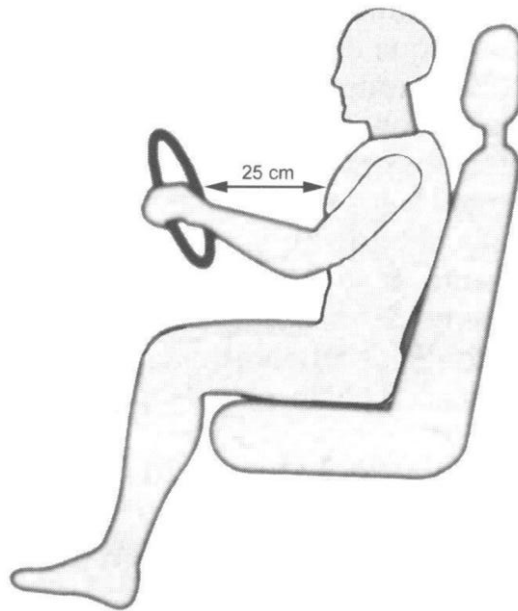


Figura 3.5 – *Distancia mínima de conducción al volante.*

III.3 Colocación del cinturón de seguridad y su importancia en la disminución de lesiones

Las lesiones más frecuentes por impactos en los ocupantes que no están sujetos con el cinturón de seguridad son los traumatismos craneoencefálicos. La eficacia del cinturón de seguridad depende del tipo y la gravedad del choque, así como de la postura del ocupante en el asiento.

Tabla 3.2 Eficacia de los cinturones de seguridad en términos de reducción de lesiones y en los distintos tipos de impactos³

Tipo de impacto	Eficacia del cinturón de seguridad utilizado por el conductor en diversos tipos de colisión (%)
Frontal	43
Lateral (lado del conductor)	27
Lateral (lado opuesto al del conductor)	39
Posterior	49
Vuelco	77

Las lesiones causadas por los cinturones de seguridad generalmente son abrasiones y contusiones leves en el tórax o el abdomen, no comparables con las que los ocupantes habrían sufrido sin éste. Es importante que los ocupantes de los asientos posteriores se encuentren asegurados, para evitar una disminución de la eficacia de los cinturones anteriores y disminuir lesiones graves de tórax en los ocupantes de los asientos delanteros.

El cinturón de seguridad puede reducir lesiones e incluso la muerte sólo cuando es colocado de forma adecuada. A la hora de abrocharlo se deben considerar las siguientes recomendaciones:

Ajuste pélvico

- Asegurarse de que el cinturón quede ajustado sobre la parte más baja de la pelvis y no en el estómago, pudiendo lesionar órganos vitales en caso de accidente.
- Sentarse derecho formando lordosis lumbar, ya que una mala postura puede desplazar el cinturón hacia el estómago. También, si el cinturón queda flojo puede permitir que el pasajero se deslice por debajo de éste en caso de accidente.
- Revisar periódicamente el cinturón durante el viaje, incluso si es corto. Asegurarse de que se encuentre ajustado y en la zona correcta.

³ Fuente: Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito (2004, p. 107).

- Considerar la ropa que se usa al viajar. Un abrigo puede hacer difícil la colocación correcta del cinturón de seguridad, por lo que es recomendable viajar sin ropa muy abultada. Sin embargo, para obtener un mejor ajuste cuando se viste un abrigo es preciso abrochar el cinturón y jalar el exceso ajustándolo a la pelvis. Esto permitirá al cinturón estar en contacto más cercano con los huesos pélvicos.
- Abrochar el cinturón de seguridad siempre, aún durante el embarazo. Asegurándose de que el cinturón se encuentre ajustado y debajo del abdomen.

Ajuste del hombro y tórax

- Colocar el cinturón sobre la parte más alta del hombro apoyado en la clavícula y transversal al tórax. Esto distribuye la fuerza del impacto sobre un área mayor de la caja torácica y protege los órganos que se encuentran dentro.
- Asegurarse y revisar periódicamente que el cinturón se encuentre justo y cómodo sobre el cuerpo (no más de una pulgada de holgura entre el hombro y el cinturón).
- No colocar el cinturón debajo del brazo, porque en un impacto, disipa la energía sobre las costillas y pudiera fracturarlas y causar serios daños a los órganos internos.

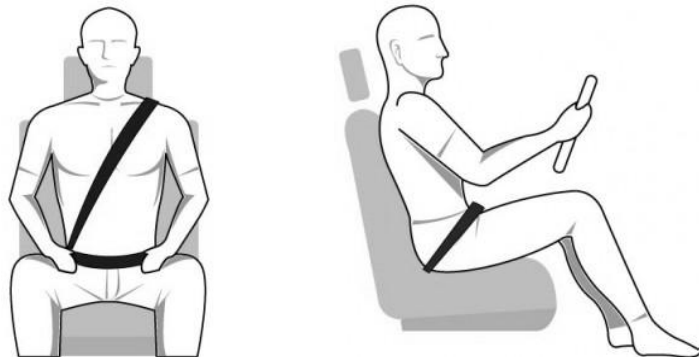


Figura 3.6 – Ajuste del cinturón de seguridad en la pelvis, hombro y tórax.

III.4 Eficacia del conjunto cinturón de seguridad-bolsa de aire

Cuando comparamos el riesgo de lesiones graves de conductores con bolsa de aire y de aquellos sin ella (ver gráfica 3.1), la probabilidad de lesión es menor cuando se tiene bolsa de aire y puesto el cinturón de seguridad. Mientras que la posibilidad de muerte es menor para todas las condiciones de retención (ver gráfica 3.2).

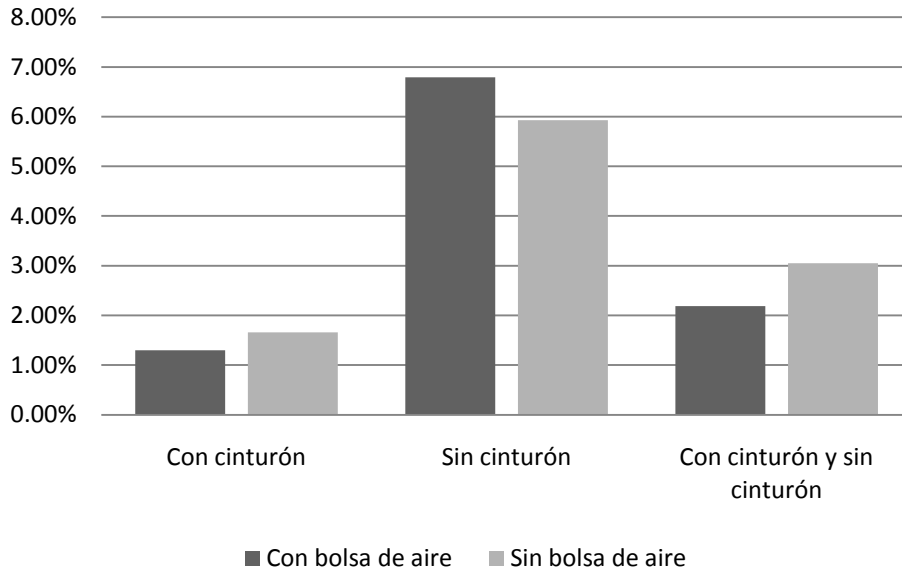
Las Gráficas 3.3 a 3.5, muestran el riesgo de lesiones graves en diversas regiones del cuerpo en conductores involucrados en impactos frontales con vehículos equipados con bolsas de aire y sin ellas, y retenidos por el cinturón de seguridad y sin él. Las lesiones de graves a fatales en la cabeza, el tórax y los miembros pélvicos son sustancialmente menores en datos recaudados, sin diferenciar aquellos que usaron o no cinturón de seguridad (ver gráfica 3.3). Las lesiones en miembros torácicos son superiores con las bolsas de aire, (esto se debe a la cercanía que existe al momento de su despliegue), excepto en los casos en los cuales no se llevaba abrochado el cinturón de seguridad. La mayoría de los conductores en impactos frontales se encuentran sujetos por el cinturón de seguridad, por esta razón los datos del riesgo de lesión cuando se utiliza el cinturón son similares a los datos de la Gráfica 3.3 (ver gráfica 3.4). En datos donde los conductores no se encuentran sujetos por el cinturón de seguridad no hay una aparente reducción de lesiones graves a fatales en tórax o cabeza con bolsas de aire y sin ella (ver gráfica 3.5).

Tabla 3.3 Riesgo de lesión grave y fatal dependiendo del dispositivo de retención utilizado por conductores en impactos frontales, 1988-1996 NASS⁴

Dispositivo de retención	Tipo de lesión (%)	
	Grave	Fatal
Bolsa de aire (Con cinturón y sin cinturón)	2.19	0.31
Sin bolsa de aire (Con cinturón y sin cinturón)	3.05	0.59
Bolsa de aire con cinturón	1.30	0.17
Sólo cinturón	1.66	0.20
Bolsa de aire sin cinturón	6.79	1.12
Sin retención	5.93	1.38

⁴ Datos analizados por el NASS (National Automotive Sampling System) de los años de 1988 a 1996.

Gráfica 3.1 Riesgo de lesión grave dependiendo del dispositivo de retención empleado



Gráfica 3.2 Riesgo de fatalidad dependiendo del dispositivo de retención empleado

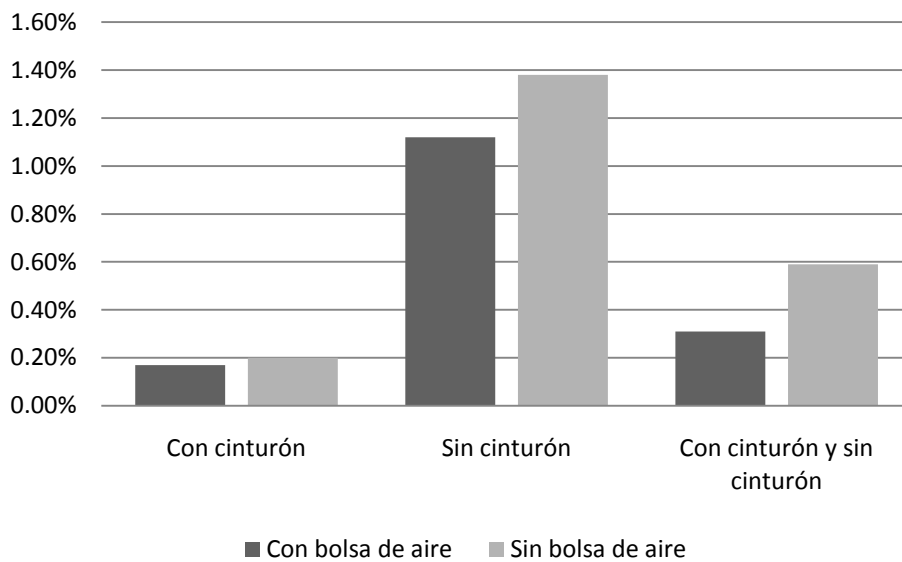
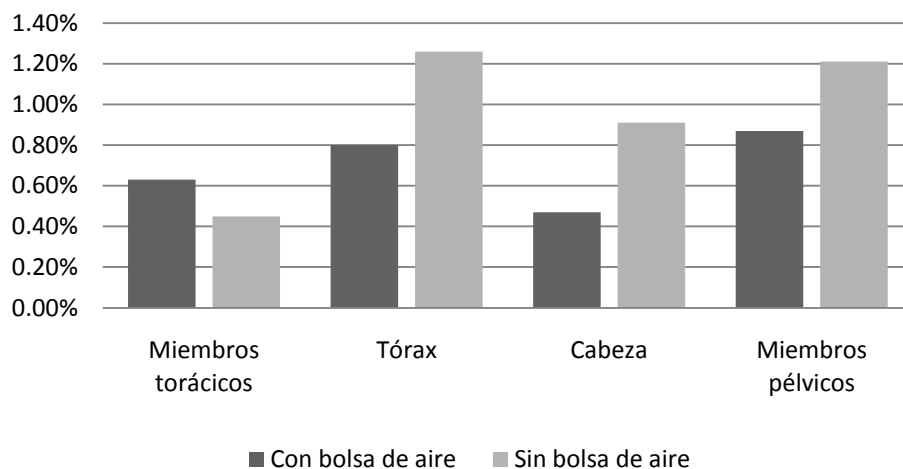


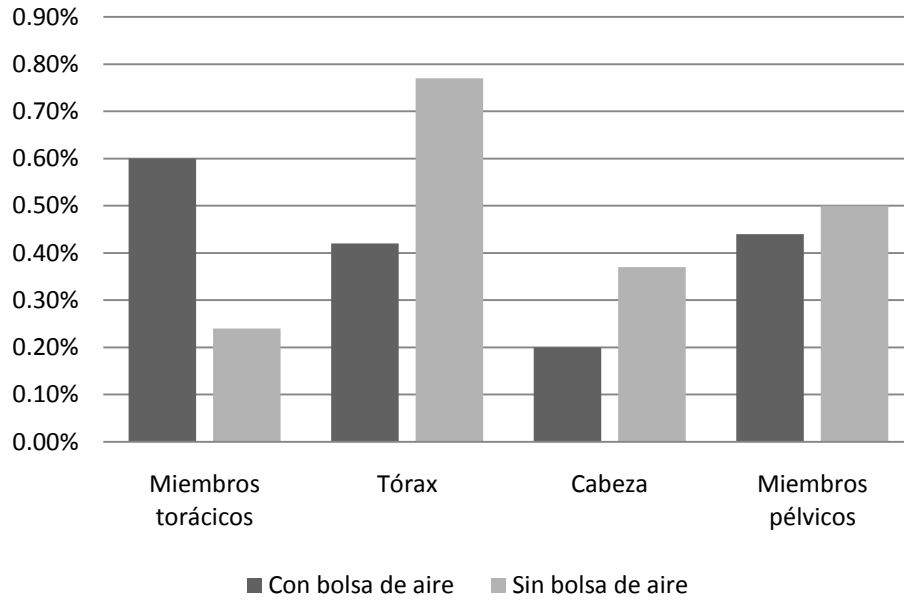
Tabla 3.4 Lesiones graves y fatales en diversas regiones del cuerpo con y sin bolsa de aire ⁴

Dispositivo de retención	Región del cuerpo (%)			
	Miembros torácicos	Tórax	Cabeza	Miembros pélvicos
Bolsa de aire (Con cinturón y sin cinturón)	0.63	0.80	0.47	0.87
Sin bolsa de aire (Con cinturón y sin cinturón)	0.45	1.26	0.91	1.21
Bolsa de aire con cinturón	0.60	0.42	0.20	0.44
Sólo cinturón	0.24	0.77	0.37	0.50
Bolsa de aire sin cinturón	0.93	2.10	2.17	3.43
Sin retención	0.98	2.12	2.12	2.69

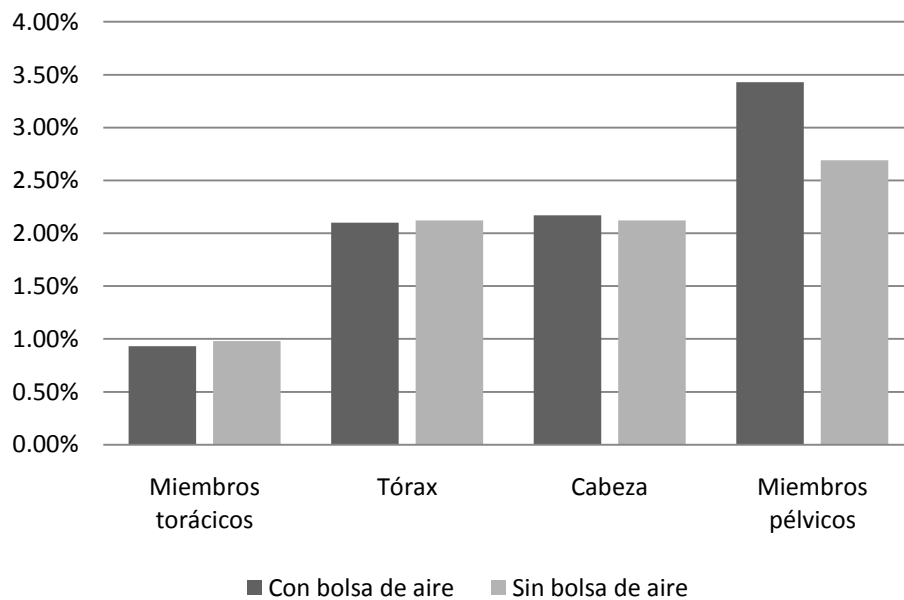
Gráfica 3.3 Riesgo de lesión grave a fatal en diversas regiones del cuerpo, con cinturón y sin cinturón de seguridad



Gráfica 3.4 Riesgo de lesión grave a fatal en diversas regiones del cuerpo, con cinturón



Gráfica 3.5 Riesgo de lesión grave a fatal en diversas regiones del cuerpo, sin cinturón



III.5 Lesiones causadas por diversos tipos de colisión

III.5.1 Colisión frontal

Las lesiones por esta colisión son de extrema gravedad debido a la velocidad a la que se producen, las más frecuentes son las siguientes:

Traumatismo craneoencefálico. Por el impacto contra el parabrisas, contra el volante o contra algún otro componente del automóvil. Causando lesión física o deterioro funcional del contenido craneal debido a un intercambio brusco de energía mecánica, pudiendo resultar en conmoción, contusión, hemorragia o laceración del cerebro o del tallo cerebral hasta el nivel de la primera vértebra cervical.

Fractura o luxación de la cadera. Por el impacto del tablero sobre la rodilla cuando se encuentra flexionada.

Traumatismo torácico. Por el impacto del tórax contra el volante o algún otro componente del automóvil, con la consiguiente repercusión en órganos internos como el corazón e inclusive la disección de la arteria aorta.

III.5.2 Vuelco

En este tipo de accidentes, independientemente de todas las lesiones que lleguen a presentarse, se da la fractura vertebral a sus tres niveles (cervical, dorsal y lumbar) sobre todo en los ocupantes que no llevaban abrochado el cinturón de seguridad.

III.5.3 Colisión posterior

Latigazo cervical. Puede generarse en cualquier tipo de accidente pero ocurre más frecuente en colisiones posteriores. Sucede cuando en la colisión se produce un movimiento repentino de la cabeza hacia atrás (hiperextensión), hacia adelante (hiperflexión) o ambos, pudiendo provocar esguinces de ligamentos, compresiones de nervios, discos intervertebrales, y en casos más severos avulsión de ligamentos del cuello y fracturas de las vertebrales cervicales. Además, es posible presentar una rectificación de la columna cervical, la cual constituye un mecanismo reflejo de protección de la misma, esto es, una discontinuidad de la curvatura de las vertebrales, disminuyendo o eliminando la lordosis cervical.

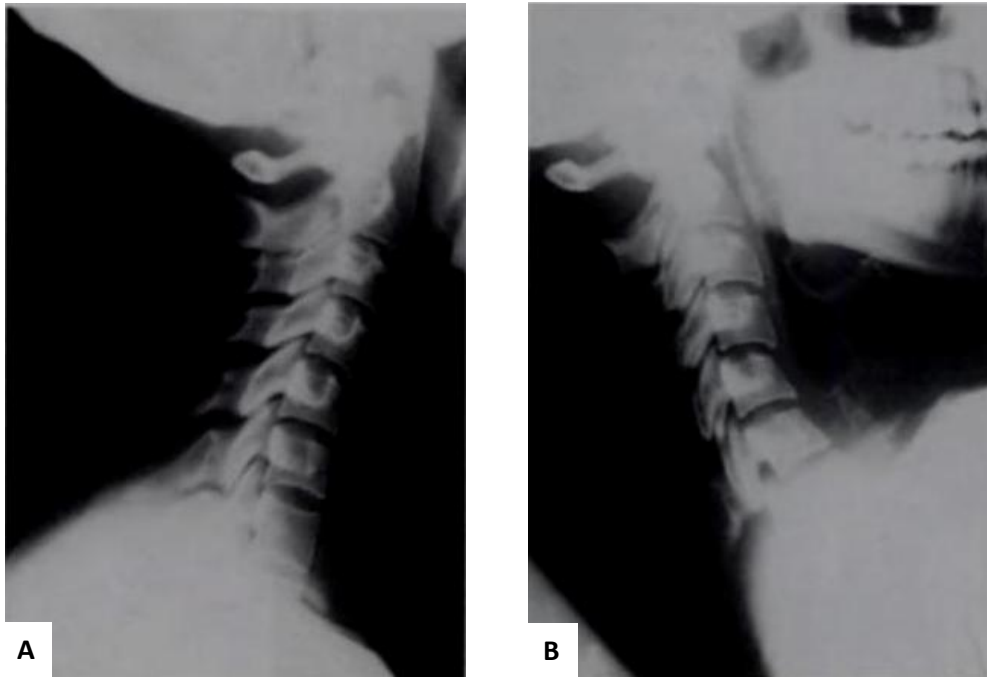


Figura 3.7 – *Rectificación en columna cervical de paciente que sufrió latigazo. A) Postura neutral con discontinuidad de la curvatura cervical en C4-C5, C5-C6 y C6-C7. B) Máxima flexión.*

En este tipo de accidentes también son comunes fracturas, subluxaciones y luxaciones en las vertebrales cervicales de la columna vertebral.

CAPÍTULO IV

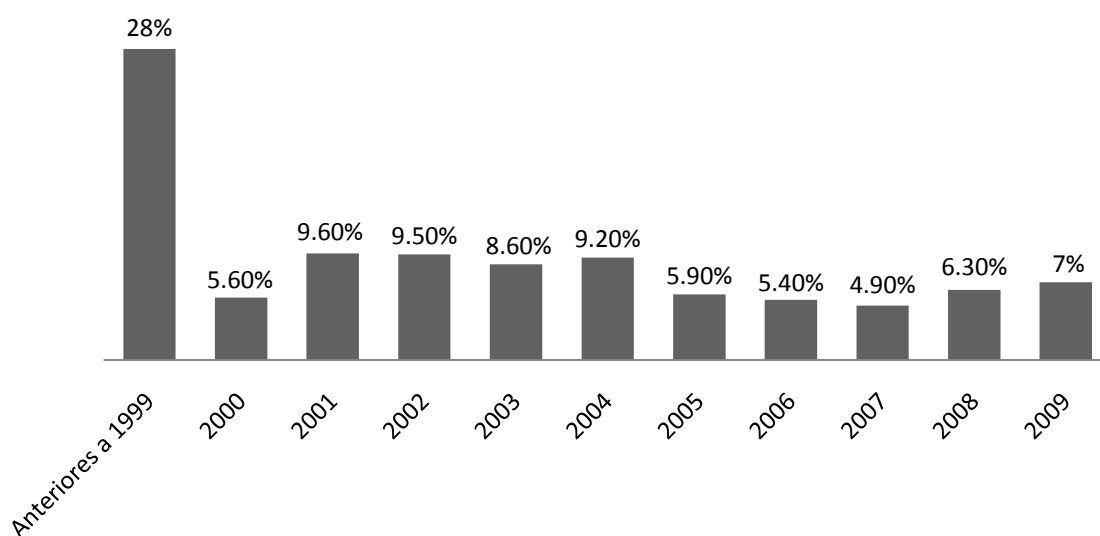
Dispositivos de seguridad en vehículos del transporte público individual de pasajeros del Distrito Federal

IV.1 Taxis del Distrito Federal

El servicio de taxis en la ciudad de México registra al 17 de septiembre de 2009, un padrón aproximado de 130 mil concesiones, de los cuales el 90 por ciento son taxis libres y el 10 por ciento son de sitio.

El periodo de servicio de los vehículos empleados es de 10 años, siendo necesario sustituirlos al finalizar dicho lapso. La *Gráfica 4.1* muestra la antigüedad de los automóviles registrados y el porcentaje que representan en el parque vehicular.

Gráfica 4.1 Modelos del parque vehicular¹



¹ Datos obtenidos del 3° Informe de la Secretaría de Transporte y Vialidad 2009.

IV.1.1 Marcas y modelos de vehículos

El parque vehicular varía en marcas siendo las de mayor porcentaje las mostradas en la siguiente gráfica.

Gráfica 4.2 Marcas de vehículos

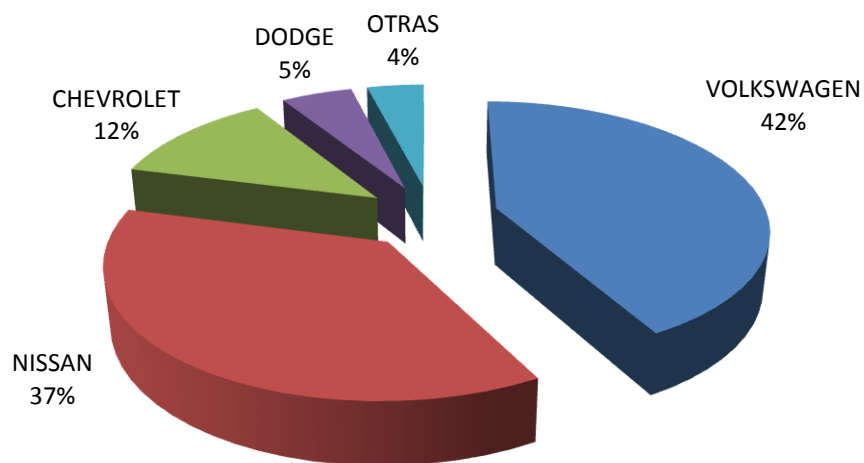


Tabla 4.1 Automóviles más comunes según el tipo de marca

Marca	Automóvil
Volkswagen	Derby Gol* Pointer Polo* Sedan
Nissan	Platina Tiida* Tsuru
Chevrolet	Chevy Corsa*
Dodge	Atos Attitude
Otros	Pontiac Matiz Ford Fiesta Ford Ikon

*Estos modelos cuentan con bolsas de aire delanteras en al menos alguna de sus versiones.

IV.2 Seguridad activa y pasiva en los vehículos utilizados para el servicio

Únicamente algunos de los vehículos mencionados en la *Tabla 4.1*, cuentan con el sistema de bolsas de aire frontales, esto depende de su versión y equipamiento, equipamiento que muchas veces es innecesario para el servicio y sólo incrementa su costo. Algunos otros no tienen la disponibilidad de este sistema de retención en ninguna de sus versiones, haciéndolos menos capaces de atenuar lesiones en los ocupantes durante una colisión.

Para el caso de bebés y niños que deben viajar en cunas o asientos especiales, se requiere de un sistema de sujeción, de manera que sean trasladados de forma cómoda y segura. Sin embargo, este sistema al igual que muchos otros no es exigido para el servicio y no está disponible en la mayoría de los autos, quedando como única opción sujetar la cuna o silla con el cinturón de seguridad haciendo del abordaje algo tardado y complicado.

Para mostrar los sistemas de seguridad activa y pasiva en un taxi es importante considerar un vehículo que brinde el servicio de manera popularizada, para esto, un buen ejemplo es el *Nissan Tsuru*², vehículo comercializado en México desde 1992 y que se ha mantenido con ligeros cambios exteriores y mecánicos para disminuir costos de fabricación.

El *precio*³ de este auto comienza desde \$ 112,500 en su versión GS1 hasta \$ 144,800 en su versión GS2 con transmisión automática.

IV.2.1 Seguridad activa en el Nissan Tsuru

Motor	
Desplazamiento (l)	1.6
Número y disposición de cilindros	4 L
Número de válvulas	16 (DOCH)
Potencia neta (hp@rpm)	105@6000
Torque (lb·pie@rpm)	102@4000

Transmisión	
Manual	5 velocidades
Automática (opcional en GS2)	4 velocidades

² Llamado así en México y comercializado en Centro América y Sudamérica. El Nissan Tsuru corresponde a un Nissan Sentra de tercera generación (1991-1994).

³ Precios de contado y vigentes del 1 al 31 de marzo de 2010.

Suspensión	
Delantera	McPherson
Trasera	McPherson

Dirección	
Mecánica	Piñón y cremallera
Hidráulica	Piñón y cremallera (sólo en versión GS1 Millón y Medio y GS2)

Frenos	
Delanteros	Disco
Traseros	Tambor

IV.2.2 Seguridad pasiva en el Nissan Tsuru

Los sistemas de retención con los que cuenta este vehículo varían en la cantidad de cinturones de seguridad y su configuración en los asientos posteriores de la siguiente manera, dependiendo de su versión:

- Cinturones de seguridad delanteros retráctiles de 3 puntos (versiones GS1 y GS2).
- Dos cinturones de seguridad traseros estáticos de 2 puntos (versión GS1).
- Dos cinturones de seguridad traseros retráctiles de 3 puntos y uno pélvico central (versión GS2).

IV.3 Deficiencias en cuanto a seguridad pasiva

Dentro de los sistemas de seguridad pasiva ya estudiados en el *Capítulo 2* y que no ofrece este vehículo están:

- Bolsas de aire de ningún tipo.
- Cinturón de seguridad de 3 puntos y freno de inercia en los asientos posteriores (versión GS1).
- Tensores en los cinturones de seguridad delanteros.
- Cabeceras ajustables.
- Sistema de anclaje para sillas de niños.
- Columna de dirección fraccionada.



Figura 4.1 – *Nissan Tsuru GS2.*

CAPÍTULO V

Propuesta de vehículo con dispositivos mínimos de seguridad pasiva

V.1 Propuesta de dispositivos mínimos de seguridad pasiva

Debido a la eficacia en disminución de lesiones que presentan en diversos tipos de colisiones, los dispositivos que se proponen en este trabajo para ser empleados en el servicio de transporte individual de pasajeros son los siguientes:

- Bolsas de aire frontales (conductor y copiloto)
- Cinturones de seguridad de 3 puntos con ajuste de altura en asientos delanteros
- Dos cinturones de seguridad de 3 puntos en asientos traseros
- Cabeceras ajustables en asientos delanteros
- Dos cabeceras con ajuste de altura en asientos traseros
- Anclaje de sujeción inferior y superior para silla de bebé o niño (LATCH)

V.2 Dispositivos de seguridad recomendados

Como se ha estudiado en capítulos anteriores existe una variedad de dispositivos más amplia y más moderna que los propuestos en la sección anterior, atenuando lesiones o disminuyendo la probabilidad de muerte. Por esta razón, es importante considerar algunos dispositivos de seguridad pasiva y algunos de seguridad activa como:

- Bolsas de aire laterales
- Bolsas de aire tipo cortina
- Bolsa de aire para rodillas (conductor)
- Apagado de la bolsa de aire del copiloto
- Tensores del cinturón de seguridad en asientos delanteros
- Cinturón central trasero de 3 puntos
- Cabeceras activas en asientos delanteros
- Cabecera central trasera
- Columna de dirección fraccionada
- Frenos ABS
- Distribución electrónica de frenado
- Control de tracción
- Control de estabilidad
- Sistema de monitoreo de presión en llantas

V.3 Tipo de carrocería a proponer

En este trabajo se propone un automóvil tipo sedán de cuatro puertas, principalmente por el menor riesgo que existe ante una volcadura y la facilidad con la que se aborda éste.

Al proponer el vehículo, es importante considerar su maniobrabilidad, debido a que las diversas carrocerías presentan distintas condiciones de conducción, por lo que se elige aquella que brinde mayor estabilidad, principalmente cuando se trata de maniobras que podrían provocar volcaduras, como los cambios repentinos de carril.

Como ya se estudió en el *Capítulo 2* y siendo más específicos en la *Gráfica 2.1* realizada por la NHTSA, algunos tipos de carrocerías presentan mayor probabilidad de volcadura que otras. Por esta razón no se consideran camionetas de tipo “Van”, “SUV” o “Pick up”; además de que el costo de estos vehículos es mayor.

Otro aspecto importante, es la facilidad para abordar y abandonar el auto con mayor rapidez, en caso de accidente, por cualquiera de sus cuatro accesos.



Imagen 5.1 – Automóvil tipo sedán de cuatro puertas. En esta imagen se muestran sus principales vistas con acotaciones en pulgadas.

V.4 Vehículos de venta en México

Hoy en día la industria automotriz en México, se encuentra muy desarrollada y las versiones de compra de vehículos son sumamente amplias, por lo que se prefiere optar por automóviles con dispositivos de seguridad requeridos para el presente trabajo.

A continuación, se consideran vehículos del año 2010, que cumplen con las características antes mencionadas, que su precio no rebase los \$200,000 MN y que exista alguna evaluación por los grupos encargados de la seguridad.

Tabla 5.1 Automóviles propuestos

Auto	Versión
Chevrolet Aveo	Paquete E
Mitsubishi Lancer	DE
Nissan Sentra	Custom
Toyota Yaris Sedán	Premium



Figura 5.2 – Chevrolet Aveo.



Figura 5.3 – Mitsubishi Lancer.



Figura 5.4 – Nissan Sentra.



Figura 5.5 – Toyota Yaris Sedán.

V.5 Consideraciones para la elección del vehículo

V.5.1 Seguridad activa y pasiva recomendada

Tabla 5.2 Dispositivos de seguridad adicional recomendados para los autos propuestos

Dispositivos de seguridad	Auto			
	Aveo	Lancer	Sentra	Yaris
Bolsas de aire laterales	X	X	X	X
Bolsas de aire tipo cortina	X	X	X	X
Bolsa de aire para rodillas (conductor)	X	✓	X	X
Desactivación de bolsa de aire (copiloto)	X	X	X	X
Tensores del cinturón de seguridad en asientos delanteros	✓	✓	X	X
Cinturón central trasero de 3 puntos	✓	✓	✓	✓
Cabeceras activas en asientos delanteros	X	X	X	X
Cabecera central trasera	X	✓	X	✓
Columna de dirección fraccionada	✓	X	X	X
Frenos ABS	✓	✓	X	✓
Distribución electrónica de frenado	X	✓	X	✓
Control electrónico de tracción	X	X	X	X
Control de estabilidad	X	X	X	X
Sistema de monitoreo de presión en llantas	X	X	X	X

✓ Dispositivos disponibles X Dispositivos no disponibles

V.5.2 Evaluaciones en pruebas realizadas por el IIHS y la NHTSA

Tabla 5.3 Prueba de impacto frontal de tipo “offset” conducida por el IIHS

Auto	Estructura y habitáculo de seguridad	Medición de lesiones					Evaluación general
		Cabeza y cuello	Tórax	Miembro pélvico izquierdo	Miembro pélvico derecho	Retención y cinemática del maniquí	
Aveo	A	A	G	M	A	A	A
Lancer	G	G	G	G	G	G	G
Sentra	G	G	G	G	G	G	G
Yaris	G	A	G	G	G	G	G

G Bueno **A** Promedio **M** Marginal **P** Pobre¹

Tabla 5.4 Prueba de impacto frontal realizada por la NHTSA

Auto	Evaluación	
	Conductor	Copiloto
Aveo	★★★★★	★★★★★
Lancer	★★★★★	★★★★★
Sentra	★★★★★	★★★★★
Yaris	★★★★★	★★★★★

La evaluación por estrellas indica la probabilidad (%) de salir lesionado y varía dependiendo del tipo de colisión.¹

¹ Para mayor información sobre el significado de las evaluaciones ver el apartado 2 del Capítulo II.

Tabla 5.5 Probabilidad de vuelco por la NHTSA

Auto	Consideraciones para la evaluación		Evaluación
	Factor de estabilidad estático	Probabilidad de vuelco (%)	
Aveo	1.32	13	★★★★★
Lancer	1.36	12	★★★★★
Sentra	1.38	11	★★★★★
Yaris	1.33	13	★★★★★

Tabla 5.6 Prueba de impacto posterior por el IIHS

Auto	Evaluación dinámica	Geometría de la cabecera	Evaluación general
Aveo	P	G	P
Lancer	G	G	G
Sentra	A	G	A
Yaris	M	G	M

Tabla 5.7 Resistencia del toldo por el IIHS

Auto	Peso (lb)	Fuerza máxima (lb)	Proporción fuerza-peso	Evaluación general
Aveo	2569	7935	3.09	M
Lancer	3080	-	-	-
Sentra	2974	-	-	-
Yaris	2401	9072	3.78	A

V.5.3 Costo del vehículo

Tabla 5.8 Precio por unidad²

Auto	Precio (\$)
Chevrolet Aveo Paquete E	169,080
Mitsubishi Lancer DE	199,900
Nissan Sentra Custom	195,600
Toyota Yaris Sedán Premium	194,500

V.5.4 Análisis de las tablas

En las tablas anteriores se han considerado las evaluaciones realizadas por el IIHS y la NHTSA que en capítulos precedentes, establecimos como complementarias, aportándonos datos necesarios para el presente estudio. Asimismo, en cada una de las tablas, el auto mejor evaluado es señalado con fondo gris a fin de diferenciarlo de los demás.

En cuanto a los vehículos mejor evaluados en la *Tabla 5.3*; el Mitsubishi Lancer y el Nissan Sentra obtuvieron calificaciones de “Bueno” en todos los aspectos, seguidos del Toyota Yaris que únicamente obtuvo “Aceptable” en la medición de lesiones en cabeza y cuello; mientras que el peor evaluado en esta prueba fue el Chevrolet Aveo.

El IIHS además de otorgar una calificación en sus pruebas proporciona detalles de las mismas, siendo estos:

Chevrolet Aveo³

- La evaluación de este auto aplica sólo al sedán a partir del modelo 2007.
- Durante el rebote, parte de la cabeza del maniquí se apoyó a través de la ventanilla abierta, golpeando el marco doblado hacia afuera después de la colisión.
- Las medidas tomadas del cuello y tórax indican bajo riesgo de lesiones en un choque de esta magnitud. Fuerzas en ambas tibias indican que lesiones podrían presentarse en estas regiones de los miembros pélvicos. La aceleración más alta que presentó la cabeza ocurrió cuando golpeó el volante a través de la bolsa de aire, indicando la posibilidad de lesiones. Mientras que la aceleración de la cabeza al chocar con el marco de la ventana fue de menor gravedad.

² Precios de contado y vigentes del 1 al 31 de marzo de 2010.

³ Ver fotos de la prueba en Apéndice.

Mitsubishi Lancer

- La evaluación de este auto aplica a los modelos a partir de 2008. Con bolsas de aire laterales como equipo estándar.⁴
- El movimiento del maniquí fue bien controlado durante la prueba. La bolsa de aire lateral de tipo cortina actuó durante el impacto y la cabeza del maniquí rebotó contra la misma sin golpear alguna estructura que pudiera causar lesión.
- Las medidas tomadas del maniquí indican un bajo riesgo de lesión en un choque de esta severidad.

Nissan Sentra³

- La evaluación de este auto aplica a modelos a partir de 2007. Con bolsas de aire laterales como equipo estándar.⁴
- El movimiento del maniquí fue bien controlado durante la prueba. La bolsa de aire lateral para tórax y la de tipo cortina actuaron durante el impacto, manteniendo la cabeza del maniquí segura ante cualquier golpe contra la estructura durante el rebote.
- Las medidas tomadas del maniquí indican un bajo riesgo de lesión en un choque de esta severidad.

Toyota Yaris³

- La evaluación de este auto aplica a modelos a partir de 2007.
- El movimiento del maniquí fue bien controlado durante la prueba. Sin embargo, durante el rebote, la cabeza del maniquí golpeó el marco superior de la ventanilla y parte del toldo.
- Medidas tomadas del cuello, pecho y ambos miembros pélvicos indican riesgo bajo de lesiones, en un choque de esta magnitud. La fuerza en la cabeza del maniquí cuando golpeó el volante a través de la bolsa de aire, indica posibles lesiones, mientras que el rebote fue de menor gravedad.

Es importante considerar en esta prueba que tanto el Mitsubishi Lancer como el Nissan Sentra no presentan posibilidad de golpear el volante a través de la bolsa de aire y que tanto el Chevrolet Aveo como el Toyota Yaris sí presentan esta posibilidad. En todos los casos se considerará una probable lesión en la cabeza, al momento del rebote del maniquí, debido a la ausencia de bolsas de aire laterales en los vehículos propuestos.

En la prueba de impacto frontal realizada por la NHTSA (ver tabla 5.4), se evalúan los sistemas de retención, presentando mayor seguridad para el copiloto el Nissan Sentra, mientras que el peor evaluado fue el Toyota Yaris presentando mayor riesgo para el conductor.

⁴ La versión propuesta no cuenta con bolsas de aire laterales, por lo que hay que considerar un posible golpe en la cabeza por el rebote del maniquí.

La probabilidad de vuelco para todos los vehículos fue calificada con 4 estrellas (ver tabla 5.5), con un porcentaje de 11 a 13 para el Nissan Sentra y el Chevrolet Aveo respectivamente.

Como complemento a lo anterior, se tienen datos de la resistencia del toldo del Chevrolet Aveo y del Toyota Yaris (ver tabla 5.7), siendo el primero el peor evaluado en la prueba realizada a mini-autos por el IIHS. Mientras que para el Lancer y Sentra no hay datos disponibles.

Debido a la importancia de un buen soporte a la hora de un impacto trasero, se consideró la evaluación realizada por el IIHS, obteniendo cada uno de ellos calificación de “Bueno” en la evaluación geométrica de la cabecera; sin embargo, en la evaluación dinámica el único que conservó esa calificación fue el Mitsubishi Lancer, obteniendo finalmente una evaluación general de “Bueno”.

V.6 Propuesta final

Finalmente, una vez consideradas todas estas evaluaciones, los autos que mostraron mayor desempeño en cuanto a seguridad son el Mitsubishi Lancer y el Nissan Sentra; sin embargo, para este trabajo se considerará el *Mitsubishi Lancer*⁵ como mejor propuesta, en razón de que cuenta con algunos de los dispositivos recomendados, con la finalidad de disminuir la posibilidad de colisión al momento de frenar como el sistema de frenos ABS y la distribución electrónica de frenado.

Otro aspecto que se consideró es el peso vehicular, ya que de acuerdo con el IIHS y la NHTSA los autos de mayor peso ofrecen mayor protección que los autos pequeños, debido a que cuentan con una mayor estructura para absorber la energía del impacto (ver gráfica A1 en Apéndice).

El IIHS también hace una categorización de los vehículos más seguros de cada segmento denominada “Top Safety Pick”, en la cual el Mitsubishi Lancer forma parte de los más seguros en la clasificación de autos pequeños; aunque esta clasificación considera aquéllos que cuentan con dispositivos como bolsas de aire laterales y control de estabilidad, nos proporciona una idea de la eficacia de los dispositivos de seguridad requeridos para este trabajo.

V.6.1 Eliminación y sustitución de equipo innecesario para el servicio⁶

En el Apéndice, se localiza la ficha técnica del vehículo seleccionado, con el equipo que cuenta la versión propuesta; sin embargo, algunos componentes exteriores e interiores del auto no son necesarios para el servicio, por esta razón propongo que sean removidos o sustituidos con la finalidad de reducir el costo de producción y hacerlo más accesible para realizar el servicio. También al suprimir algunos componentes interiores se pueden aminorar distractores que pudieran afectar en la conducción, además de tener un vehículo único y especial para brindar el servicio de transporte individual de pasajeros en el Distrito Federal.

⁵ Ver ficha técnica en Apéndice.

⁶ Ver modificaciones en equipo interior y exterior en la ficha técnica.

CONCLUSIONES

Una vez que se realizó la investigación sobre seguridad en automóviles y se llegó a la elección final del vehículo, podemos decir que existe factibilidad en la implementación de la propuesta, ya que ofrece beneficios a cierto sector de la población que requiere del servicio público individual de pasajeros. Por otro lado, esta propuesta de dispositivos de seguridad pudieran extenderse a todas aquellas personas que conducen algún tipo de vehículo y no necesariamente prestando dicho servicio.

Dentro de los beneficios, el primero es la seguridad que ofrece el vehículo a los ocupantes tanto adultos como menores y gracias a los dispositivos de seguridad pasiva sería capaz de reducir lesiones en caso de accidente. También, al eliminar periódicamente la diversidad de modelos que existen en el actual parque vehicular, se anularía la variedad de autos de diferente peso, aumentando la seguridad al momento de choque con otro vehículo de la misma masa. Otro beneficio que se genera al incorporar un sólo automóvil, es la disminución de vehículos irregulares que circulan diariamente por el Distrito Federal, teniendo un auto que cuenta únicamente con el equipo necesario para el servicio y con características no disponibles para el público en general.

Al contar sólo con el equipo indispensable para el servicio, se eliminarán distractores que afecten en la conducción. Sin embargo, siempre estarán presentes algunas distracciones ajenas al automóvil, como lo es el hablar por teléfonos celulares. Esto ha causado gran cantidad de accidentes que pudieran haberse evitado si se cumpliera con la reglamentación actual. Por otro lado, las autoridades tienen la obligación de sancionar a todos aquellos conductores que no cumplan con lo ya establecido.

El área de oportunidad de esta propuesta se encuentra en todos los vehículos registrados en años anteriores a 1999, mismos que no deben estar en servicio, por haber cumplido con los 10 años permitidos, pudiendo ser reemplazados por esta nueva propuesta.

Este trabajo pretende disminuir las lesiones y mortalidad en los ocupantes en caso de colisión promoviendo los beneficios de un auto seguro; sin embargo, los incidentes se encuentran presentes y no se podrán aminorar si no se cumple con la reglamentación. Por esta razón, es indispensable la capacitación de los conductores para un mejor desempeño de su función, haciendo más confiable y eficiente el servicio brindado para todos los usuarios ya sean adultos o niños. Además, es importante que los conductores conozcan el funcionamiento de los dispositivos de seguridad, así la gravedad del percance se limitará solamente a su eficacia. El correcto uso del cinturón de seguridad y el sujetar la silla para el niño, forman parte de los dispositivos de retención que siempre deben ser empleados según sea el caso. Otro aspecto importante es la revisión periódica de todos los sistemas para preservar la seguridad y confiabilidad del automóvil.

Finalmente, las consideraciones de este trabajo para la elección de un vehículo seguro se extienden a todos los compradores que debieran prestar mayor atención en la seguridad que en el equipamiento interior y exterior. Estas disposiciones son aplicables a cualquier segmento de vehículos, de tal manera que siempre es posible adquirir el mejor automóvil hablando en términos de seguridad.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso Pérez, José Manuel, *Electromecánica de vehículos. Sistemas de seguridad y confortabilidad*, Ed. Paraninfo S.A., España, 1995.

Álvarez González, Francisco Javier, *Seguridad vial y medicina de tráfico*, Ed. Masson S.A., España, 1997.

Calvo Martín, Jesús y Antonio Miravete de Marco, *Seguridad Vial. Del factor humano a las nuevas tecnologías*, Ed. Síntesis S.A., España, 1995.

Cascajosa, Manuel, *Ingeniería de vehículos. Sistemas y cálculos*, Ed. Tébar, 3ª. Edición, España, 2007.

Martí Parera, Albert, *Sistemas de seguridad y confort en vehículos automóviles*, Ed. Alfaomega, España, 2001.

McCormick, Ernest J., *Ergonomía*, Ed. Gustavo Gili S.A., España, 1980.

OMS, *Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito*, Margaret Peden, Francia, 2004.

Sanders, Mark S. y Ernest J. McCormick, *Human factors in engineering and design*, Ed. McGraw-Hill, 7ª. Edición, Estados Unidos, 1993.

Yoganandan, Narayan y Frank A. Pintar, *Frontiers in Whiplash Trauma. Clinical and Biomechanical*, Ed. IOS Press, Estados Unidos, 2000.

Páginas Web

<http://www.bose.com/>

<http://www.nissan.com.mx/>

<http://www.chevrolet.com.mx/>

<http://www.safercar.gov/>

<http://www.iihs.org/>

<http://www.setravi.df.gob.mx/>

<http://www.mbusa.com/>

<http://www.toyota.com.mx/>

<http://www.michelin.com/>

<http://www.mitsubishi-motors.com.mx/>

<http://www.nhtsa.dot.gov/>

APÉNDICE

Imágenes Chevrolet Aveo



Figura A.1 – Imagen tomada durante la prueba de impacto frontal de tipo “offset”.



Figura A.2 – *La posición del maniquí en relación al volante y el tablero después de la prueba, indica que el espacio de supervivencia se mantuvo razonablemente aceptable.*



Figura A.3 – *La cabeza del maniquí golpeó el volante a través de la bolsa de aire durante la prueba.*



Figura A.4 – *Las fuerzas medidas en ambos miembros pélvicos indican posibles lesiones.*



Figura A.5 – Imagen tomada durante la prueba de impacto frontal conducida por la NHTSA.

Imagen Mitsubishi Lancer



Figura A.6 – Imagen tomada durante la prueba de impacto frontal conducida por la NHTSA.

Imágenes Nissan Sentra



Figura A.7 – Imagen tomada durante la prueba de impacto frontal de tipo “offset”.



Figura A.8 – *La posición del maniquí en relación al volante y el tablero después de la prueba, indica que el espacio de la cabina del conductor fue bien mantenido.*



Figura A.9 – *La intrusión en el espacio del conductor fue mínimo, con bajo de riesgo de lesión en ambos miembros pélvicos.*

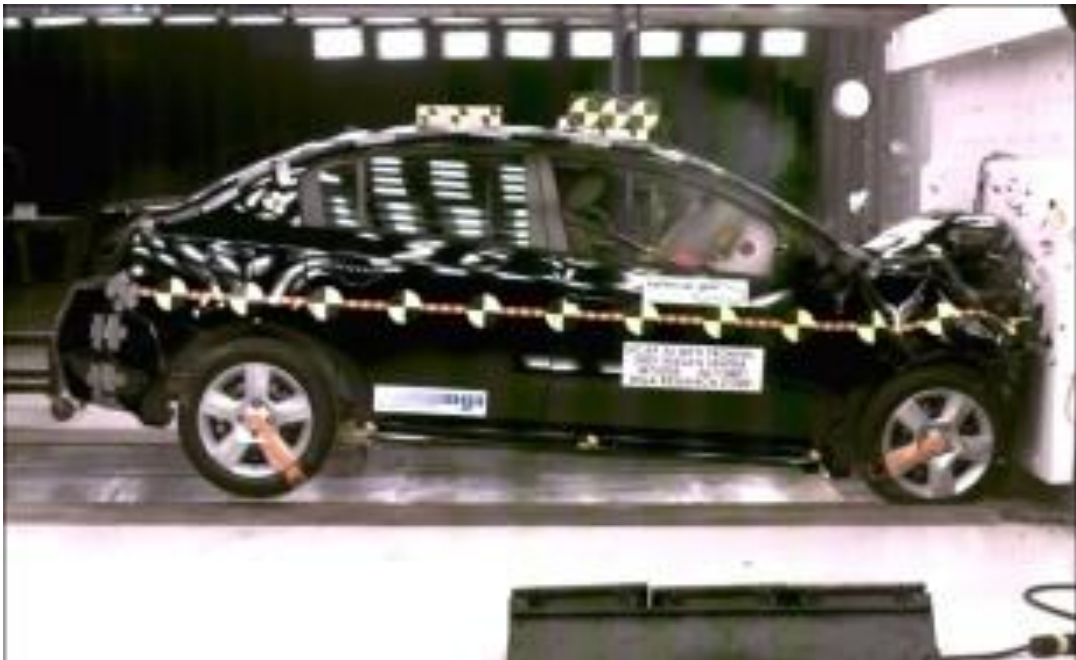


Figura A.10 – *Imagen tomada durante la prueba de impacto frontal conducida por la NHTSA.*

Imágenes Toyota Yaris Sedán



Figura A.11 – Imagen tomada durante la prueba de impacto frontal de tipo “offset”.



Figura A.12 – *La posición del maniquí en relación al volante y el tablero después de la prueba indica que el espacio de la cabina del conductor fue bien mantenido.*



Figura A.13 – *El volante doblado es evidencia de un fuerte golpe en la cabeza del maniquí a través de la bolsa de aire durante el impacto.*

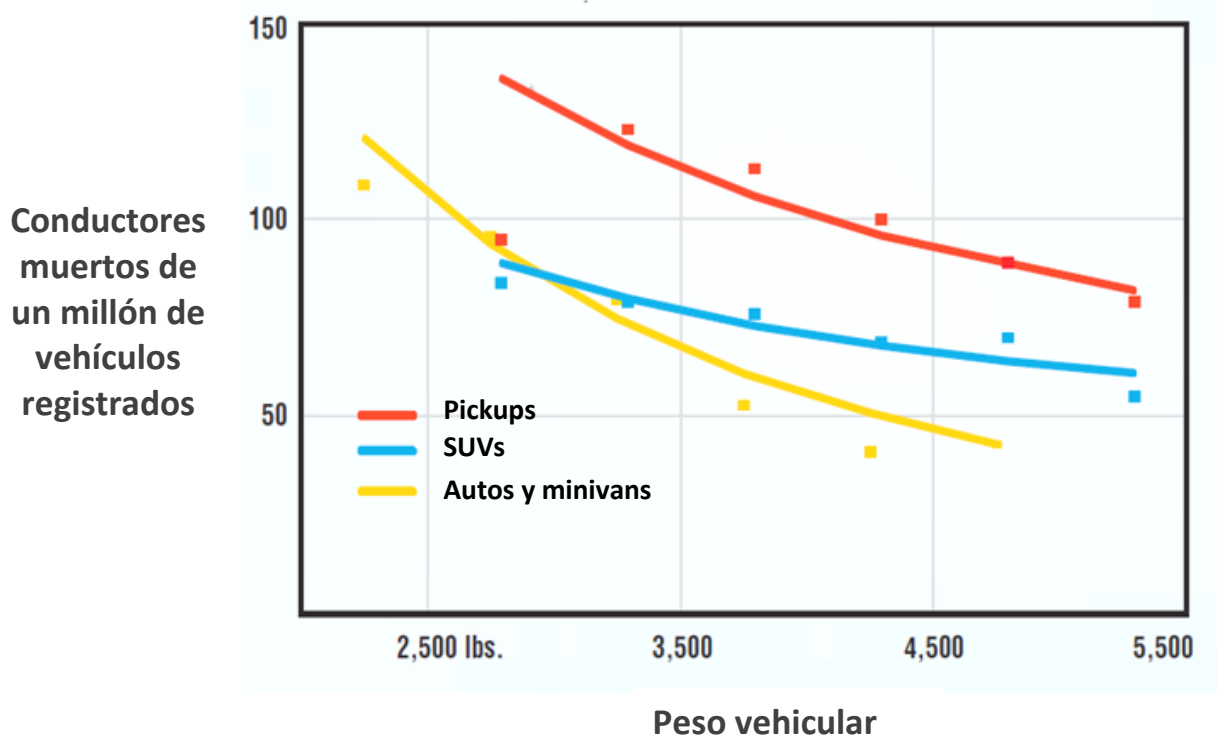


Figura A.14 – *La intrusión en el espacio del conductor fue mínimo, con bajo de riesgo de lesión en ambos miembros pélvicos.*



Figura A.15 – Imagen tomada durante la prueba de impacto frontal conducida por la NHTSA.

**Gráfica A.1 Conductores muertos de un millón de vehículos registrados por peso vehicular.
Modelos de 2001 a 2004 durante el periodo de 2002 a 2005¹**



¹ Fuente: Shopping for a safer car 2009 elaborado por el IIHS.

Ficha técnica

Mitsubishi Lancer DE



Motor y Transmisión

Motor	4 cilindros
Cabeza de cilindro	Aluminio
Desplazamiento (litros)	2.0
Número de válvulas	16
Potencia (cf@rpm)	152@6,000
Torque (lb·pie@rpm)	146@4,250
Tren de válvulas	MIVEC-DOCH
Transmisión	Manual de 5 velocidades
Tipo de combustible	Gasolina
Capacidad tanque de combustible (litros)	59

Suspensión y Chasis

Dirección hidráulica
Tracción delantera
Suspensión delantera independiente de tipo Mc-Pherson
Suspensión trasera independiente de tipo Multi-Link
Construcción de monocasco RISE (Reinforced Impact Safety Evolución)

Frenos

Frenos de disco en las cuatro ruedas
Frenos antibloqueo ABS
Distribución electrónica de frenado (EBD)

Seguridad

Inmovilizador del motor

Bolsas de aire frontales multi-etapas para conductor y pasajero delantero

Bolsa de aire para rodillas del conductor

Apertura remota de puertas

Sistema de anclajes superiores e inferiores para sillas de niño (LATCH)

Cinturones de seguridad de 3 puntos en todas las posiciones

Cinturones de seguridad delanteros pretensionados de altura ajustable

Seguros para niños en puertas traseras

Instrumentación

Centro de información con las siguientes funciones: indicador de temperatura exterior, consumo de gasolina, indicador de bajo nivel de combustible, mantenimiento y mensajes preventivos

Tacómetro analógico

Espejo retrovisor día/noche

Asientos

Capacidad de pasajeros

5

Asientos con tela

Asiento del conductor de 4 posiciones

Cabeceras delanteras ajustables

Dimensiones Exteriores y Peso

Longitud total (mm)

4,570

Ancho total (mm)

1,760

Altura total (mm)

1,490

Distancia entre ejes (mm)

2,635

Peso vehicular (kg)

1,320

Modificaciones de equipo exterior e interior

Llantas	Propuesta
Rines de acero de 16" con tapón 91H	Rines de acero de 16" sin tapón
Llantas para todo clima P205/60	✓
Llanta de refacción compacta	✓
Características Exteriores²	
Espejos exteriores eléctricos y abatibles en color negro	Espejos exteriores abatibles en color negro
Lámparas delanteras de halógeno	✓
Luz de freno elevada	✓
Luces de día	✗
Limpiadores intermitentes delanteros	✓
Medallón trasero con desempañador	✓
Confort y Conveniencia	
Aire acondicionado con microfiltro	Opc.
Asideras	✓
Compartimiento guardaobjetos delantero con tapa	✓
Parabrisas tintado	✓
Espejo retrovisor con ajuste de día-noche	✓
Cristales eléctricos con descenso automático para conductor	✗
Cristales eléctricos traseros	✗
Lámparas de habitáculo y cajuela	✓
Guantera dual	✓
Luces interiores de apagado gradual	✓
Microfiltro de aire	✓
1 toma corrientes de 12 Volts	✓
Portavasos: dos en consola central, uno frontal, uno en cada puerta delantera y dos en descansabrazos trasero (6)	Un portavasos frontal, sin descansabrazos trasero

² El automóvil únicamente tendrá pretratamiento o "Primer" en la carrocería, para su posterior pintado.

Viseras para conductor y pasajero con espejos de vanidad	Viseras para conductor y pasajero con espejo de vanidad únicamente para pasajero
Volante de dirección con acentos tipo aluminio con ajuste de altura	Volante de dirección con ajuste de altura
Tapetes delanteros y traseros	X
Lámpara de aviso de combustible	✓
Sistema de sonido	
Sistema de sonido AM/FM/DSP/CD/MP3	Opc.
4 bocinas	Opc.

✓ Equipo que permanece sin modificación X Equipo removido **Opc.** Equipo opcional