

*Modalidad: Ciclo Superior Automoción.
Letra Equipo: J
Centro: IES As Mariñas, Betanzos
A Coruña
Alumnos:
Ronaldo Loureiro Gavinho Vianna
Félix Rico Paz
Profesor tutor: José L. Fdez. Rodríguez*

Crash Test



Índice

Introducción.....	Pág. 2
Historia.....	Pág. 3
Evolución de la seguridad.....	Pág. 5
Crash test Dummy.....	Pág. 7
Colisión Frontal.....	Pág. 14
Colisión Lateral.....	Pág. 20
Empresas dedicadas a la realización del crash test.....	Pág. 26

-Introducción

Desde el 31 de Agosto de 1869 en el que Mary Ward se convirtiera en la primera víctima mortal registrada de un accidente de automóvil, saliendo expulsada del vehículo y muriendo a consecuencia del golpe, hasta el día de hoy, **han fallecido más de 20 millones de personas a causa de accidentes automovilísticos.**

Los usuarios demandan coches más seguros y los fabricantes ofrecen vehículos capaces de proporcionar una protección de accidente que en los últimos años ha evolucionado mucho. Esta evolución en la seguridad pasiva en los automóviles es una realidad a destacar. Los usuarios disponen de suficiente información sobre los dispositivos de seguridad que incorpora los vehículos, como pueden ser los airbag frontales, airbag laterales, cinturones de seguridad con pretensores pirotécnicos, reposacabezas regulables en altura, etc. Pero los usuarios desconocen cuál es el comportamiento en conjunto de estos dispositivos y de la carrocería del vehículo en caso de colisión, como por ejemplo, las zonas de deformación programada, distintos usos de materiales en distintas zonas de la carrocería...

Al ver las imágenes de un accidente se puede plantear una pregunta, *¿cómo es posible que hayan podido sobrevivir, si el coche está completamente destrozado?* En la misma pregunta va implícita la respuesta, **los ocupantes sobreviven a costa del sacrificio del vehículo.** Gracias a la deformación del vehículo se consigue salvar la vida de los ocupantes. La única zona que no se puede deformar es la zona habitáculo ya que si la deformación llega al habitáculo los ocupantes podrían verse afectados por el accidente.

Este factor **de seguridad es uno de los principales factores a la hora de elegir un coche** ya que la seguridad del vehículo ha pasado a ser uno de los principales criterios de compra entre los consumidores. Pero aún así los usuarios no tienen la suficiente información para saber la seguridad real del coche, ya que sobre los elementos de seguridad pasiva y activa si hay suficiente información pero *¿cómo saber la verdadera eficacia de todos los sistemas de seguridad pasiva en caso de accidente? ¿me mantendrá la estructura a salvo dentro del habitáculo?* Estas preguntas son las que se plantean algunos consumidores, cada vez más, a la hora de comprarse un coche y que muchas veces no consiguen la respuesta.

Por este motivo, para poder responder a estas preguntas se desarrollan en todo el mundo pruebas a los vehículos para dar información al consumidor sobre la seguridad pasiva en los distintos vehículos. **La mejor manera es someter al vehículo a una colisión real**, eso se consigue mediante los ensayos de crash-test o ensayos de choques.

Esto se realiza en todo el mundo, en Europa hay una empresa que somete sistemáticamente a los vehículos de distintas marcas y clases a ensayos de crash-test llamada **EuroNCAP** que publica sus resultados de estos ensayos y elaboran una puntuación que da a conocer al público de forma clara.

Esta necesidad de seguridad esta evolucionando tanto que estas empresas ya no solo se interesan por la seguridad de los ocupantes del vehículos si no que también están elaborando ensayos de crash-test respecto al daño que puede sufrir un **peatón** ante un atropello o procurar que los ocupantes **del otro vehículo** implicado en el accidente salgan lo menos perjudicados posible.

-Historia

En 1890, año en que se comenzó a fabricar vehículos a gran escala, surge la necesidad de crear métodos para minimizar los efectos de los accidentes debido al creciente número de vehículos. Así los ingenieros empiezan a ensayar con sus productos para construir vehículos más seguros pero, por esa época, no disponían ni de experiencia ni de métodos para conseguirlo. El primer método utilizado fue la experimentación con **cadáveres**, con ellos se intentaba recolectar toda la información posible acerca de cómo los seres humanos podían resistir a los esfuerzos provocados por un choque. Los cadáveres eran recubiertos con vendas y se les inyectaba un líquido que simulaba la sangre.

Con el paso del tiempo los cadáveres fueron substituidos por **voluntarios** y muchos de los investigadores no dudaron en someterse ellos mismos a dichas pruebas, uno de ellos fue Lawrence Patrick, profesor de la universidad de Wayne State, realizando más de 400 pruebas de choque. Sin embargo muchos de los voluntarios fallecían en dichas pruebas, debido a esto, sobre el año 1950 se empezó a experimentar con **animales**, se utilizaron chimpancés, osos y en mayor medida cerdos pero el incremento de las muertes por impactos contra la columna de dirección y la

imposibilidad de experimentar dichos golpes mediante los animales dieron en el año 1971 origen al primer **dummy**, que sería creado por General Motors.

El dummy o maniquí antropomórfico sufriría diversas evoluciones hasta dar origen al actual **Hybrid III**.

En lo que respecta a **la evolución de los vehículos**, al principio los fabricantes sólo se preocupaban en mejorar la potencia y la idoneidad para el uso cotidiano. A partir de los años 40 los fabricantes empezaron a preocuparse por la seguridad en sus vehículos. Uno de los pioneros en seguridad fue la firma **Daimler-Benz**. Los alemanes fueron los primeros en diseñar cada uno de los elementos del automóvil pensando en la seguridad, estos experimentos dieron como resultado **el primer cinturón de seguridad** empleado en el automóvil, siendo el Volvo Amazon, en 1959 el primer vehículo en llevarlo instalado. Con el paso del tiempo dicho cinturón fue evolucionando desde el primitivo cinturón de **dos puntos** de anclaje hasta los arneses más sofisticados de **cinco puntos** de anclaje utilizados en competición. Entre medias surgió el cinturón de **tres puntos** de anclaje, que sería el más empleado en la automoción.



arnés de competición



cinturón de tres puntos

También evolucionaron notablemente las carrocerías desde la primitiva **plataforma-chasis** hasta las modernas **autoportantes**. *En un primer momento las carrocerías no eran capaces de absorber los golpes y era una constante ver vehículos con pequeños golpes en los que sus ocupantes fallecían.* Esto era debido a que las carrocerías no estaban concebidas para absorber las energías que los golpes provocaban.

De este modo los ocupantes estaban expuestos a **fuertes deceleraciones** que en muchos casos eran incompatibles con la vida.

Con la aparición de las **carrocerías autoportantes** se consiguió minimizar los efectos provocados por los accidentes. Este tipo de carrocería consistía en unir entre sí todos los elementos del chasis formando una estructura, de esta manera se conseguía **disipar la energía** producida en un golpe ya que ésta era distribuida entre más elementos de la carrocería. En este tipo de carrocerías existe el llamado **habitáculo indeformable** que comprende el espacio ocupado por los pasajeros. De esta manera la carrocería se recogerá por las zonas de deformación programada quedando intacto el habitáculo.

-La evolución de la seguridad

Hace unos años el concepto de seguridad en el automóvil era inexistente, es más, aún hoy se puede escuchar en boca de personas poca expertas en temas de automoción palabras como `` **ya no se fabrican coches como los de antes** ``. *Afortunadamente* esto es así, de lo contrario estaríamos barajando otras cifras de víctimas en carretera. Es cierto que un coche de los años ochenta, por poner un ejemplo, no quedaba inservible tras un accidente como pasa con los vehículos en la actualidad pero... ¿ **Es sensato gastar en hospitales en lugar de en reparaciones?**

En las últimas décadas los coches han experimentado un **importante avance** en temas referidos a seguridad gracias a la electrónica y la informática, que han ayudado a la aparición del airbag, el ABS y otros muchos sistemas de protección, tanto **activa como pasiva**. Lejos quedan ya aquellos años en los que la seguridad en los vehículos se limitaba a robustos largueros y gruesas chapas. Así hacia el año 1978 aparece el ABS y dos años más tarde Mercedes-Benz dota al **clase S** del **primer airbag** para conductor siendo en un principio un elemento **exclusivo** de vehículos de **alta gama**. La marca germana, siempre a la vanguardia en cuanto a seguridad, implanta hace aproximadamente unos diez años el control de estabilidad ESP en su 600 SEC completando así una trilogía que salvaría muchas vidas.

A continuación haremos una comparativa de dos modelos similares en cuanto a concepto en los que se puede ver claramente la evolución en cuanto a seguridad.



Ambas fotografías apenas *distan 10 o 15 años* pero ya *a simple vista* se puede observar la *evolución* que los vehículos han sufrido en cuanto a seguridad ante un choque.

En la **primera** foto vemos que el habitáculo de seguridad **no ha cumplido** su función de proteger a los ocupantes de las plazas delanteras del coche ya que la deformación ha alcanzado al techo. Ante este siniestro es probable que alguno de los ocupantes haya resultado gravemente herido pese a que el turismo dispone de airbag. Con esto se saca la conclusión de que *todos y cada uno de los elementos de seguridad son importantes y no se debe obviar ninguno de ellos.*

En la **segunda** foto observamos un **buen comportamiento** del vehículo ante el choque y una gran resistencia de su habitáculo. Éste debería de ser el resultado de todos los crash test realizados.

Otro claro ejemplo es el del VW Golf mkII y el mkV, separados entre sí por unos 20 años aproximadamente.



Está a la vista que la seguridad en los vehículos ha **evolucionado cara a mejor** pero sin embargo **aún quedan asignaturas pendientes** como pueden ser la **seguridad de los niños** o **los peatones** que seguro que con el tiempo alcanzarán valores más positivos.

-Crash test Dummy:

Aunque los coches son cada vez más seguros a cada año que pasa, y los accidentes van disminuyendo, las muertes por choque en vehículos siguen siendo una de

las causas de muerte principales en el mundo entero. Una de las razones por las que los coches van siendo más seguros, es por un programa de pruebas bien establecido.

En **1971** la historia de los crash test produjo un gran avance en la investigación ya que para evaluar el nivel de riesgo existente en determinadas condiciones de choque reproducidas en los ensayos se emplean **maniqués de impacto** representativos antropomórficamente **de varios tamaños y edades** de personas. Estos muñecos antropomórficos instrumentados, comúnmente denominados **“Crash test Dummies”** **permitirán evaluar el nivel de riesgo que la persona a que representan sufriría en las mismas condiciones de impacto.** Los maniqués antropomórficos se agrupan en función del tipo de choque para el que su instrumentación y biofidelidad están optimizadas. Para cada tipo de impacto existen además varios tamaños representativos tanto de personas adultas como de niños de diferentes edades.

El trabajo de un muñeco de pruebas, es similar a un ser humano durante un choque dentro de un vehículo, al mismo tiempo que se recogen datos que de otra manera sería imposible con un ocupante humano. Un dummy está hecho de **materiales que imitan muy bien la fisiología de un cuerpo humano.** Por ejemplo, *tiene una espina dorsal que está hecha utilizando capas de discos metálicos y almohadillas de goma.*

Estos maniqués son de diferentes tamaños, y se hace referencia por género, tamaño edad y otros factores. **Uno de los más usados es un dummy imitando a una persona de 77 kilos y 1.78 metros de altura,** ya que utiliza el promedio de una gran parte de la población.

Los maniqués de prueba contienen tres tipos de instrumentación:

- *Acelerómetros*
- *Sensores de carga*
- *Sensores de movimiento*

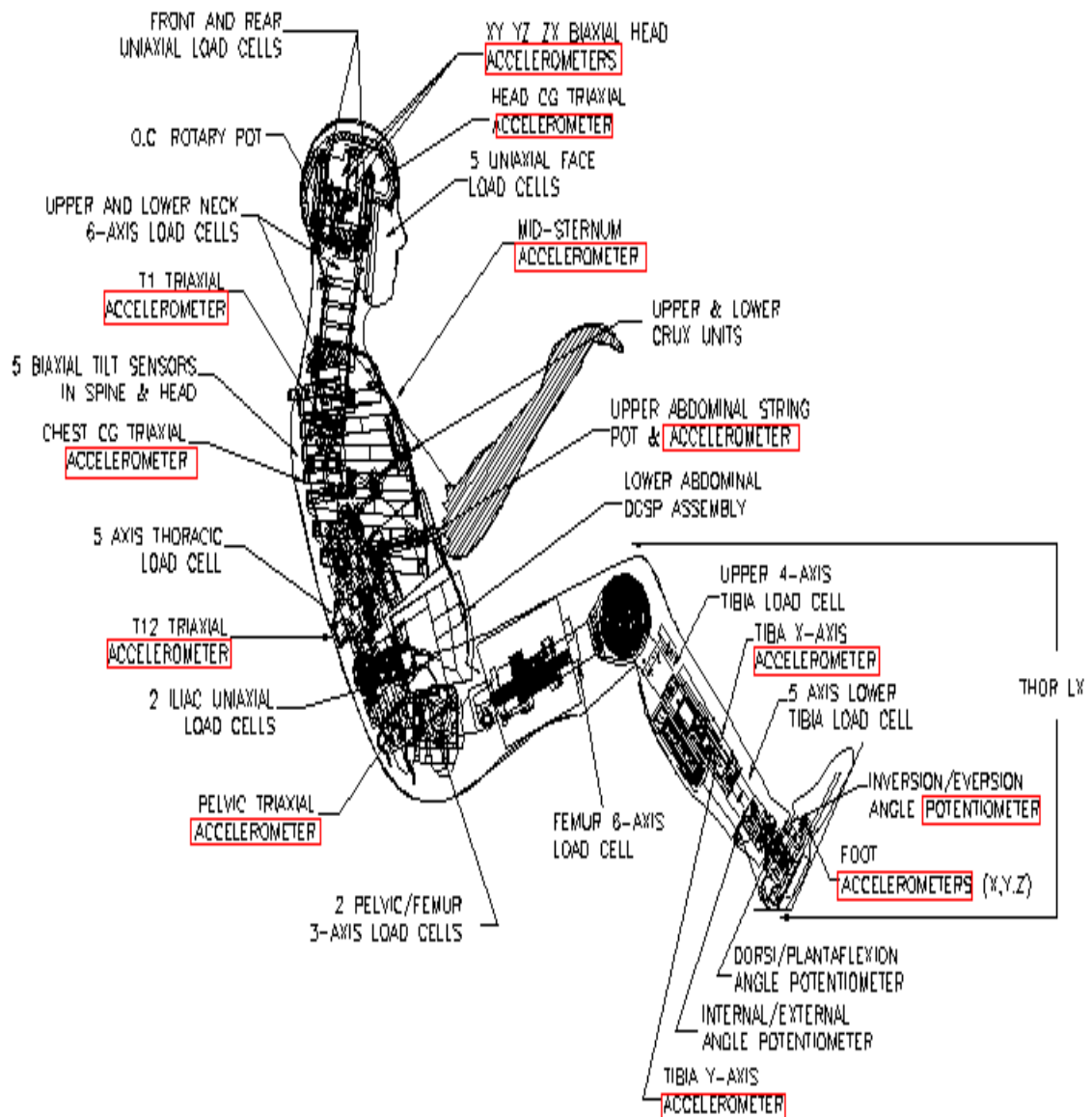
Acelerómetros:

Estos dispositivos miden la aceleración en una dirección en particular. **Este dato puede ser usado para determinar las probabilidades de ser herido.** La aceleración es el promedio en el que la velocidad cambia.

Dentro de los dummies van una serie de sensores que están diseñados para poder estudiar los daños que sufriría una persona normal, para ellos es vital saber la desaceleración a la que se somete el cuerpo en distintas partes. Aquí es donde entra en juego el uso de los acelerómetros. Al hacer la prueba de choque, se realizan unos gráficos que muestran la aceleración y posterior parada del cuerpo de una forma muy precisa.



En este diagrama se aprecia la enorme cantidad de acelerómetros requerida para simular el efecto de un accidente en una persona:



Uno de los modelos de **acelerómetro** específicamente utilizados para esta tarea es el 3901F3HB2000G de la empresa **PCB Piezotronics**.

Este modelo está diseñado para medir impactos severos, por eso es capaz de medir una desaceleración de hasta **2000·G**. Puede conectarse a varios tipos de fuentes de alimentación (siempre que sean de 10V).

Además tiene un tamaño **pequeño** para que pueda ser insertado en cualquier parte del muñeco (**5 mm x 10 mm x 10 mm**).

Sensores de carga:

Dentro de los maniqués de prueba hay localizados sensores de carga, que permiten recopilar datos sobre la cantidad de fuerza en las diferentes partes del cuerpo durante un choque. Estos datos serán analizados mediante gráficos. **La carga máxima sobre el hueso puede ser usada para determinar la probabilidad de que se fracture.**

Sensores de movimiento:

Estos sensores se usan en el pecho del dummy. **Miden cuanto se resiente el pecho en un accidente.**

Estos dispositivos permiten recopilar casi 35.000 parámetros distintos de un choque que se produce en milésimas de segundo. Además, **cada actuación de los “dummies” es fotografiada y filmada al completo.**

Sus preparadores **los calibran** antes de empezar cualquier prueba y los visten. Sí, los “dummies” **no conducen desnudos**. ¿Por qué? No se trata de salir bien en cámara, sino de reproducir lo más realmente posible un accidente de tráfico. No hay que olvidar que **la ropa produce fricción** y, por lo tanto, es un elemento a tener muy en cuenta.

En Estados Unidos, cuando se empezaban a realizar dichos test, elegir su vestimenta resultaba de lo más sencillo, ya que todos llevaban uniforme. Los Marines estadounidenses proporcionaban su vestuario para que las pruebas siguieran un estándar homogéneo: **camisetas y pantalón de algodón**, combinados con unos zapatos negros de cordones. A los “niños” les ponían una especie de **pijama de felpa**.

En el siguiente gráfico se observa **como soportan los dummies los golpes:**

Cuello: una estructura de goma y aluminio (poliuretano en los niños), con un cable central. Dentro incorpora sensores que miden la inclinación, las fuerzas de tensión y los avances y retrocesos que sufre el cuello durante un impacto.



Brazos: como van sueltos, no suelen sufrir grandes daños. No llevan sensores. Se examina su estado superficial después del choque.

Caderas: posee una espina lumbar cilíndrica y curva que le permite permanecer sentado. Se une a la pelvis con una estructura de tres ejes. Esta parte graba las fuerzas laterales que pueden ocasionar fracturas o dislocaciones de la cadera.

Cabeza: de aluminio y recubierta de goma. Tiene tres acelerómetros que indican los daños que puede sufrir el cerebro en un choque. En los niños, el cráneo es de poliuretano -más débil-.



Fémur y muslos: la zona superior de la pierna incorpora detectores que pueden predecir fracturas en los huesos. El Hybrid III también incorpora sensores en las rodillas para ver los daños que sufrirán los ligamentos en un choque.

Tobillos y pies: según quede dañado el coche, los sensores del Hybrid registran torceduras, inclinaciones y giros de los pies y los tobillos.

Pecho: el Hybrid III posee tres costillas de acero que incorporan diversos sensores para registrar el aplastamiento de la caja torácica por el cinturón o el volante. El EuroSid (el dummy utilizado para los impactos laterales) incorpora además sensores que registran la compresión lateral de las costillas.



Pantomillas: los sensores del Hybrid III miden la compresión, torsión, inclinación y esfuerzo sobre la tibia y el peroné.

Tipos de pruebas:

Hay dos tipos de prueba estándar que suelen usarse para probar accidentes de automóvil:

Impacto frontal a 56 kilómetros por hora. Esto se hace estrellando el coche contra una barrera sólida. Sería equivalente a un choque frontal contra otro coche a la misma velocidad y de peso similar.

Impacto lateral a 56 kilómetros por hora. Una pieza móvil de 1400 kilos golpea un lateral del vehículo. Esto simula el golpe que otro coche puede dar por un lado en una intersección. El ariete va a una velocidad de 56 k/h como en la anterior prueba.

Antes de poner a los **dummies** en el vehículo para hacer la prueba, se les aplica **pintura**. Diferentes colores son aplicados a las partes donde es más probable que se

golpee. **Las rodillas, cara, y diferentes zonas del cráneo son pintadas de forma distinta**, como podemos ver en la foto:



Si los investigadores notan una aceleración más intensa en la cabeza del maniquí, la pintura mostrará donde se ha golpeado la cabeza. Esto ayuda a prevenir este tipo de golpes en futuros choques.

En los impactos frontales **los dummies son colocados representando a los ocupantes normales que podrían ir en el vehículo**. Se intenta siempre hacer que la situación sea lo más real posible. Un sensor de velocidad es montado en el coche y posicionado de tal manera que dará a un resorte nada más golpear contra la barrera. Se instalan unas **15 cámaras de alta velocidad**, incluso por debajo del vehículo. Dichas cámaras pueden capturar unas mil tramas por segundo para no perder detalle de la colisión. El paso siguiente es alejar el coche de la barrera, arrancarlo, y estrellarlo a 56 k/h. Lleva menos de un segundo entre el choque contra la barrera y la detención del coche.

El choque “perfecto”

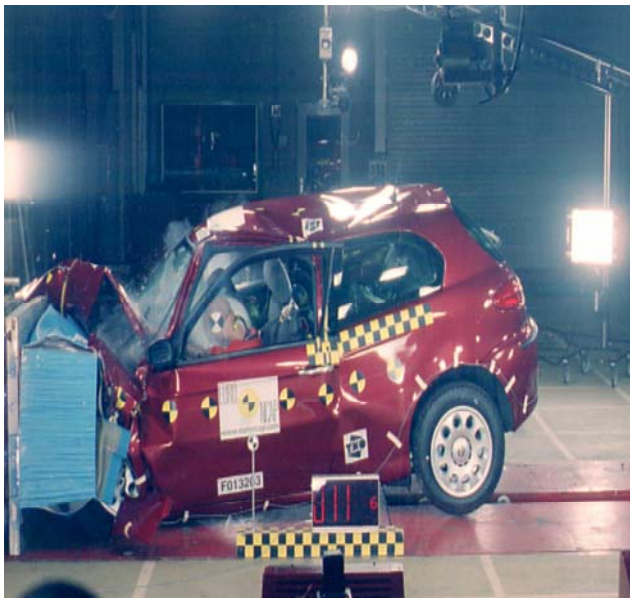
Está claro que el choque perfecto es no chocar en absoluto, pero asumiendo que el impacto es irremediable, veamos las mejores posibilidades de sobrevivir. *¿Cómo pueden todos los sistemas de seguridad protegernos y causar el menor daño posible?*

Sobrevivir a un accidente tiene que ver mucho con la energía cinética. Cuando tu cuerpo se mueva a **56 km/h**, tiene una cierta cantidad de **energía cinética**. Después del choque, cuando quedas completamente **parado**, tienes una **energía cinética de cero**. Para evitar el riesgo de quedar herido, lo que interesa es *remover la energía cinética lo más lentamente posible*. Los sistemas de seguridad se encargan de eso.

El coche tiene **cinturones de seguridad**, sensores de choque **que inmovilizan a los pasajeros incluso antes de que salte el airbag**. El cinturón puede absorber algo de la energía en caso de accidente. El propio airbag absorbe otra importante cantidad de energía haciendo que la persona no se golpee hasta que el vehículo se pare del todo. Todos estos sistemas de seguridad han sido posibles gracias a las miles de pruebas hechas con los maniqués, salvando multitud de vidas a lo largo de los años. Sin embargo, aunque los crash test dummies siguen ayudando para perfeccionar los métodos de seguridad en los automóviles y tengamos cada vez coches más seguros, la prevención y la responsabilidad siguen siendo el mejor arma contra los accidentes.

-Colisión Frontal:

Regulado por la directiva europea 96/27/CE, el impacto se realiza con dos maniqués o dummies en los asientos delanteros -con los correspondientes sistemas de retención-, dotados de sensores para medir las fuerzas y aceleraciones a que se ven sometidas en un impacto diversas partes del cuerpo: cabeza, cuello, tórax, fémur y tibia.



El vehículo es lanzado contra un muro, de, al menos, 70 Tm, dotado de una estructura deformable de aluminio con una configuración de panel, a una velocidad de 56 Km/h, e impacta sobre el 40% de su superficie frontal, en el lado del conductor.

Los requisitos que deben superar el vehículo y los maniqués en el impacto frontal son:

- El desplazamiento del volante no será superior a 50 mm. hacia arriba ni a 100 mm. hacia atrás.

- No deberá abrirse puerta alguna ni accionarse los sistemas de bloqueo de las puertas delanteras.

- Después de la colisión, debe abrirse, sin empleo de herramientas, al menos una puerta por fila y poderse liberar a los maniqués de sus dispositivos de retención, aplicando una fuerza máxima de 60 N sobre el mando de apertura, así como extraerlos del interior sin ajustar los asientos.

- Sólo se permitirán pequeñas fugas de combustible (0,5 gr/s).

- Los movimientos de flexión sobre el cuello, la compresión sobre el tórax, el fémur, la tibia y el desplazamiento de la articulación de la rodilla no superarán unas medidas establecidas.

Los objetivos de este ensayo son asegurar que el vehículo, después de sufrir una colisión frontal, permite evacuar satisfactoriamente a los pasajeros de su interior y que éstos no sufran lesiones irreparables en las zonas vitales del cuerpo.

El habitáculo de seguridad debe mantener su forma original desde el principio hasta el final de la colisión. Esta es la mejor forma de asegurar que el ocupante disponga del mayor espacio posible para su deceleración mediante los sistemas de retención, como el cinturón de seguridad y el airbag. Si el habitáculo de seguridad no mantiene su integridad, la deformación de la parte frontal del coche no se detendrá a la altura de la pared de separación del compartimiento motor y el habitáculo, sino que continuará progresando hacia dentro del habitáculo. Esto provocará la intrusión o penetración de los elementos interiores del habitáculo, que se acercarán hacia el ocupante, disminuyendo así el espacio de que éste dispone y aumentando el riesgo de lesiones por contacto con las distintas partes del vehículo.



Los síntomas de un habitáculo de seguridad deformando se manifiesta principalmente en el desplazamiento del montante A del vehículo hacia atrás, y también por la aparición de pliegues en los largueros del techo del vehículo o en el suelo. Otro síntoma es la deformación de la puerta que puede arquearse o desencajarse debido a la reducción del espacio original que disponía.

Para que el vehículo pueda ofrecer una buena protección a sus ocupantes en caso de accidente, debe evitarse que los ocupantes se expongan a las zonas más duras del vehículo. Esto se solventa en parte mediante el acorchamiento con espumas y piezas plásticas de las partes duras de la estructura del vehículo, estos materiales deformables permiten la absorción de parte de la energía del golpe, disminuyendo la gravedad de las posibles lesiones por contacto.

Los crash-test contra barrera rígida al 100% de superposición, cuando la colisión se produce totalmente frontal, y los crash-test descentrados contra barreras deformables son evaluaciones complementarias de la protección de los ocupantes en colisiones frontales. El crash-test frontal pone más énfasis en la actuación de los sistemas de retención, mientras que el crash-test descentrado (o crash-test offset) impone mayores demandas sobre el diseño estructural a la hora de prevenir la intrusión

en el habitáculo de los pasajeros. Sin embargo, algunos aspectos de la actuación de los sistemas de retención puede ponerse de manifiesto también en los crash-test con offset.

Por ejemplo, la mayor deformación en un ensayo descentrado puede provocar un movimiento de la columna de dirección o del asiento que comprometa la interacción entre el airbag y el ocupante. Además, la colisión frontal descentrada provoca una rotación del vehículo que puede exponer a los ocupantes, principalmente el conductor, a lesiones por contactos con las estructuras laterales que no se involucran en colisiones totalmente frontales.

Para reducir la probabilidad de contactos lesivos con las superficies interiores duras durante una colisión frontal, un conductor debe permanecer asegurado al asiento por el cinturón y protegido mediante el airbag de contactos potencialmente dañinos con el volante. En una colisión 100% frontal el torso del conductor se desplazaría hacia delante hasta que la cabeza y el pecho entraran en contacto con el airbag. Después de que la energía inicial del ocupante ha sido absorbida, el conductor debe moverse directamente hacia atrás hacia el centro del asiento. De esta forma se asegura que el ocupante es decelerado de forma óptima sin amenaza de contactos peligrosos con el interior o exterior del vehículo.

Pero en las colisiones frontal descentrada, se han observado variaciones importantes en los crash-test realizados: se observa que los dummies no se movieron directamente hacia el asiento durante el rebote con la barrera, sino que la parte superior de sus cuerpos se queda atrás respecto al movimiento del vehículo, a medida que éste se mueve hacia la derecha y gira en sentido contrario de las agujas del reloj, como consecuencia del choque. Cuando el dummy rebota hacia atrás desde su punto de contacto con el airbag, el coche continúa girando y el montante B izquierdo se acerca o golpea la cabeza. En otros casos el cuerpo y la cabeza se retrasan aún más cuando el vehículo gira, de modo que la cabeza se gira hacia la derecha del vehículo mientras que el resto del cuerpo rueda hacia fuera del airbag tras chocar con él, y el marco de la ventana se aproxima o golpea el lateral o la parte de atrás de la cabeza mientras el coche sigue girando.



También en algunos coches se produce otro tipo de movimiento: el dummy carga contra el airbag desplazado algo hacia la izquierda, resbalando con respecto al mismo y con la cabeza moviéndose hacia el montante A, con el agravante de que este montante puede moverse hacia atrás debido a la intrusión de la carrocería en el compartimiento. Como resultado de este movimiento en las etapas primeras de choque, la cabeza del dummy se ve expuesta a la amenaza de contacto con el montante A antes de regresar hacia el asiento tras el rebote, pudiendo resultar gravemente herido ya que la cabeza puede golpear el larguero del techo o el marco exterior de la puerta durante el giro del coche.

Estas observaciones de las respuestas cinemáticas ilustran que, cuando el movimiento del ocupante no está bien controlado, la cabeza del ocupante se hace vulnerable a los contactos con el interior del vehículo, incluyendo el marco inferior de la ventana, los montantes A y B y el larguero del techo, tras el contacto con el airbag.

Aunque se pudiese esperar que una menor rotación del vehículo favoreciese una mejor cinemática del ocupante, esto no se ha observado, sino que más bien la cinemática del ocupante se asocia con la cantidad de deformación sufrida por el vehículo. En los vehículos con una cinemática favorable para el dummy, se ha observado que el habitáculo mantuvo una buena integridad estructural: la puerta no se arqueó, con poca deformación del espacio entre el montante A y el B, el asiento permaneció recto respecto a las zonas sin deformar, y además, cuando la columna de dirección se movió, lo hizo hacia el lado izquierdo del vehículo, manteniendo el airbag en frente de la cabeza y torso del dummy.

Estos factores, el asiento, la puerta y el movimiento lateral del volante deben incluirse también en la discusión sobre la eficacia de los sistemas de retención, que generalmente se centran en la necesidad de absorber la energía cinética del ocupante.

Los mejores diseños parecen ser los que presentan las siguientes características estructurales:

- Una estructura frontal que absorba la energía de la colisión mediante una deformación controlada y evite las concentraciones de fuerzas en el objeto impactado.

- Partes estructurales que enlacen el área frontal de los pies de modo que las fuerzas de compresión se transmitan directamente entre la parte frontal y trasera del vehículo, resultando en una deformación mínima del área de los pies.

- Partes estructurales que dirijan las fuerzas de la colisión hacia el pilar A, las puertas y los estribos de las puertas en vez de hacerlo en el área de la pared o mampara frontal del habitáculo.

- La unión entre lo alto del montante A y el techo sea suave y resistente de modo que se resista al doblamiento del techo.

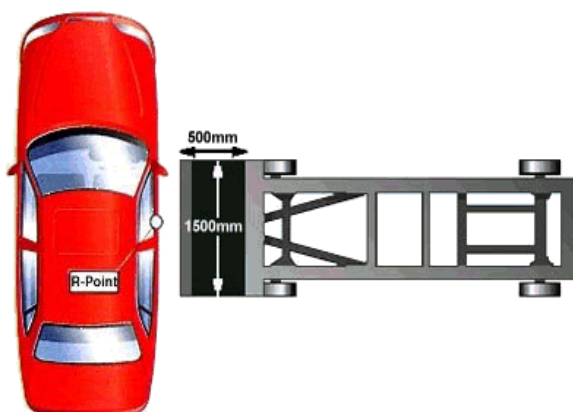
- Puertas laterales y estribos que ofrezcan resistencia a las fuerzas de compresión longitudinales (las medidas que mejoran la protección al impacto lateral parecen ayudar en este sentido)

- Una columna de dirección diseñada y montada para minimizar la cantidad de movimiento hacia atrás y hacia arriba.

Hoy en día todos estos puntos se tienen en cuenta durante las primeras etapas del diseño del vehículo. Gracias a los paquetes informáticos de ingeniería asistida por ordenador (CAE) es posible determinar la deformación estructural del vehículo y la cinemática del ocupante en una gran variedad de situaciones y accidentes, incluyendo crash-tests tipo offset simulados.

-Colisión lateral.

Después de los accidentes con colisión frontal, la segunda causa de muerte y lesión grave más significativa son las colisiones laterales. Alrededor de 6.500 personas mueren por esta causa cada año en la Unión Europea. El nuevo ensayo de colisión lateral implica un impacto lateral en un vehículo estacionado por una barrera móvil cuya masa y estructura frontal es replica de la de un coche normal.



Este ensayo está regulado por la directiva europea 96/27/CE y es obligatorio desde octubre de 1998.

La prueba consiste en lo siguiente:

Se lanza una barrera móvil deformable, cuya masa total será de 950 Kg., a 50 Km/h, contra el vehículo inmóvil. La barrera impactará perpendicularmente sobre la puerta, en el costado del conductor, donde se sitúa el maniquí.

Los requisitos para superar la prueba de impacto lateral son los siguientes:

- No deberá abrirse puerta alguna.
- Después de la colisión deberá ser posible, sin utilizar herramientas, abrir un número suficiente de puertas y abatir los asientos para evacuar a todos los ocupantes.
- Deberá poderse liberar al maniquí del sistema de retención y extraerlo del vehículo.
- La cabeza no deberá hacer contacto con la estructura y, si lo hiciese, no podrá rebasar un límite de deceleración.
- La deformación del tórax y la fuerza máxima sobre la pelvis y el abdomen estará sujeta a unos valores determinados.

- Ningún componente ni dispositivo interior deberá desprenderse de tal forma que aumente manifiestamente el riesgo de lesión por proyección de objetos cortantes o afilados.

- Se admiten las roturas como consecuencia de la deformación permanente, siempre que no aumenten el riesgo de lesiones.

- Si se produjera una fuga continua de líquido del circuito de alimentación de combustible después de la colisión, el índice de fuga no deberá superar los 5×10^{-4} kg/s

En comparación con las colisiones frontales, el espacio entre los ocupantes y los elementos de la estructura del vehículo en las colisiones laterales es muy pequeño. Además, el impacto lateral ocurre mucho más deprisa, y en consecuencia, la protección del ocupante en los impactos laterales representa un reto para el diseño de un vehículo seguro. Durante una colisión lateral de coche a coche, el suceso físico es una complicada transferencia de energía y cantidad de movimiento desde el vehículo que golpea al golpeado. La severidad del suceso, tal y como la ve el ocupante del vehículo golpeado, queda determinada por la rapidez de la variación de esta transferencia de energía. Esta a su vez depende de la rigidez estructural relativa del vehículo y de la distribución de masas, entre otros factores, de los coches golpeados.

Debido a la proximidad del coche que golpea y el ocupante, las puertas delanteras y trasera, y los montantes A y B del vehículo golpeado están entre los componentes que representan un papel crítico a la hora de decidir cómo se lleva a cabo la transferencia de cantidad de movimiento. Las características de la interacción dinámica entre componentes y los ocupantes del vehículo determinan la eficacia de la protección lateral del vehículo.

La puerta normalmente está constituida de paneles internos y externos (generalmente de chapa) y un panel interior (que normalmente está hecho de plástico con o sin acolchado absorbente de energía). Entre los paneles interiores y los exteriores está el mecanismo de la ventana, además de las barras de refuerzo de la puerta. La puerta está montada en su marco, que está formado por los montantes, estribo y los refuerzos laterales del techo.

Este marco de la puerta está diseñado para resistir las fuerzas de la colisión y también sirve para transmitir las fuerzas de la colisión desde la zona alrededor de los ocupantes a otras estructuras del vehículo durante la colisión



Desde un punto de vista biomecánico, tiene sentido que la puerta que penetra en el habitáculo cargue sobre las partes del cuerpo del ocupante que pueden soportar mejor las fuerzas sin sufrir traumas. Es importante cargar sobre la región pélvica durante el contacto inicial ocupante-puerta. Es mejor distribuir la carga a lo largo del torso entero del ocupante, comenzando con la pelvis, que ejercer la fuerza de la puerta sólo sobre el hombro y torso, donde hay muchos órganos importantes.

En una colisión lateral, ya que la zona de deformación disponible en el coche golpeado es menor, para conseguir una protección eficaz en impactos laterales es proporcionar una estructura lateral rígida a la carrocería ya que disminuye la velocidad de intrusión del lado del coche golpeado y así puede reducir las fuerzas sobre los ocupantes del vehículo.

A lo largo de estos años los vehículos han sufrido mejoras en la estructura lateral del vehículo. En referencia a la estructura, se ha reforzado solapando el contorno exterior de la puerta con la parte del estribo, de modo que el borde inferior de la puerta no puede ser empujado hacia adentro fácilmente. Aunque el estribo de la puerta no siempre es golpeado en la colisión lateral por su situación baja, este debe diseñarse con gran rigidez porque desempeña una función muy importante en colisiones laterales contra postes. Otra característica estructural es el refuerzo transversal del suelo del vehículo para que se mantenga el espacio de supervivencia dentro del habitáculo de seguridad. La capacidad de absorción de energía en una colisión lateral puede aumentarse poniendo refuerzos en las puertas, asientos y carrocería, lo que al mismo tiempo disminuye la velocidad relativa entre la puerta que penetra y el ocupante del

interior, reduciendo así las deformaciones estáticas y dinámicas de la carrocería. Estas medidas son particularmente beneficiosas para la protección del tórax.



Otra buena medida que sirve para reducir las posibles lesiones es el acolchado de superficies interiores mediante espumas poliméricas, pegadas a la estructura metálica que sirve de soporte. La intención fundamental es distribuir las fuerzas sobre el ocupante sobre una superficie más amplia y amortiguar y prolongar el tiempo durante el cual se sufre la deceleración de la cabeza, pecho o cadera del ocupante, debida al golpe. Las superficies interiores que necesitan acolchado son el montante A del parabrisas, el montante B, del centro y el montante C, de la luna trasera, los bordes superiores de las lunas traseras y delanteras, y los largueros del techo, entre otras partes. La puerta puede utilizar un acolchado semirrígido para la protección lateral.



Otra medida es el uso de las barras laterales que se encuentran presentes en casi todos los coches actuales. Su principal función es reducir la intrusión de la puerta dentro del habitáculo, pero las barras que van montadas a la misma altura que el ocupante podrían suponer una amenaza de lesión ya que si las partes duras impactan sobre el ocupante pueden producir lesiones más graves que la puerta misma. Por lo que la barra de seguridad lo ideal sería que se situara por debajo del nivel de la cadera.

También el uso de asientos envolventes con cinturones integrados puede ayudar a retener al ocupante en su movimiento lateral, además de ofrecer protección contra la intrusión de objetos provenientes del lateral. También sería ventajoso integrar los cinturones de seguridad de tres puntos de anclaje directamente en la estructura del asiento ajustándose así mejor sobre el cuerpo del ocupante, sin espacios vacíos entre el cuerpo y el hombro del ocupante, como ocurre cuando el cinturón va anclado en el montante B.

Las últimas innovaciones de airbag se han visto en el campo de la protección lateral. Desde los clásicos airbag laterales de torso instalados sobre el lateral del asiento o en la puerta, hasta los airbag de cabeza o de ventana, instalados en el larguero del techo del vehículo. La misión de todos ellos evitar o amortiguar el contacto de las distintas partes del cuerpo con los objetos externos o partes del vehículo que penetran en el habitáculo desde un lado. En los casos de airbag de cabeza y ventana, tienen la misión añadida de evitar que los ocupantes salgan despedidos del vehículo.



El cristal de las puertas laterales apenas ayuda a la seguridad del ocupante, ya que las lunas laterales son de cristal templado, y al ser golpeadas, se desintegran en cientos de pequeños pedazos. Están constituidas por una única capa, en lugar de tres capas (cristal-plástico-cristal) como son las que se montan en el parabrisas. Esto supone que el cristal templado expondrá la cabeza del ocupante al peligro de ser golpeado directamente por la penetración del vehículo u objeto que golpea.

El Laboratorio de Investigación del Transporte de Reino Unido (Transport Research Laboratory, TRL) ha llevado a cabo investigaciones sobre el impacto lateral y han llegado a una conclusión que parece indicar que es falsa la creencia de que el refuerzo del lateral del vehículo evite que este golpee con su ocupante. La creencia general es que al evitar la intrusión se evitará el contacto del ocupante con el interior del vehículo, pero sin embargo, los experimentos de TRL han demostrado que eliminar la intrusión simplemente retrasa el momento en el que el ocupante golpea contra la puerta, de modo que, en lugar de ser golpeado por una puerta que penetra, el ocupante es golpeado unos pocos milisegundos más tarde, debido al movimiento lateral del coche, por lo que independientemente de lo resistente que sea el lateral, el ocupante seguirá siendo golpeado por la puerta.

Las pautas a seguir en el diseño de la protección lateral del vehículo, según las investigaciones del TRL, serían:

- Mantener un perfil vertical de intrusión en la parte baja de la puerta
- Controlar el montante B para que se traslade hacia adentro a la altura de su base puede ayudar a mantener este perfil de intrusión. Así se consigue que se impacte con la zona pélvica
- La rigidez y la masa efectiva de la parte que golpea al ocupante debe mantenerse baja.

- Una velocidad de intrusión elevada de la puerta con rebote de la misma puede empezar a acelerar al ocupante más pronto y reducir así su aceleración general.

- La rigidez óptima del acolchado para el pecho parece ser muy baja, mientras que para la pelvis es algo mayor.

-Empresas dedicadas a la realización de crash test

Existen diferentes empresas dedicadas a la realización de crash test. Algunas de las más importantes son EuroNCAP, IIHS, NHTSA o CESVIMAP.

EuroNCAP

Programa Europeo de Evaluación de Automóviles Nuevos es un programa respaldado por diversos países europeos que cuenta con gran credibilidad entre los fabricantes y consumidores. Fue creado en el año 1996 y en estos momentos su sede se encuentra en la ciudad belga de Bruselas. Esta empresa realiza pruebas en todo tipo de vehículos y los resultados de dichas pruebas es entregado en una clasificación por estrellas, se otorgan estrellas EuroNCAP siendo las cinco estrellas la mayor puntuación posible. Así las pruebas que realiza son de impacto frontal, lateral y recientemente se han incorporado pruebas para peatones en caso de atropello y de seguridad para niños a bordo.

La prueba de impacto frontal consiste en un golpe a una velocidad de 64 kilómetros por hora contra una barrera deformable realizándose dicha prueba de modo descentrado. La prueba de impacto lateral consiste en una barrera móvil que impacta en el lateral del vehículo a una velocidad de 50 kilómetros por hora, además de dicha prueba se realiza otra prueba lateral en la que se simula un choque contra un poste con objeto de medir la protección que ejercen los diferentes modelos a la cabeza del conductor, en este caso la velocidad será de 29 kilómetros por hora y la prueba consistirá en lanzar el vehículo montado en una plataforma contra una bola metálica. Por último EuroNCAP realiza la prueba de atropello, esta prueba pretende saber los daños que causará el vehículo al impactar contra un peatón, la velocidad en este caso será de 40 kilómetros por hora.

IIHS

La IIHS es una organización científica independiente con sede en los estados unidos. Se dedica a la realización de pruebas con el fin de minimizar los efectos que los accidentes de tráfico provocan. Realiza una clasificación de 0 a 4 (good, acceptable, marginal, poor) dependiendo de los resultados obtenidos en las pruebas. Sus pruebas consisten en una de impacto frontal a una velocidad 64 kilómetros por hora y una lateral a una velocidad de 40 kilómetros por hora.

NHTSA

Es una organización norteamericana dedicada a realizar pruebas de la seguridad pasiva en automóviles . Sus pruebas consisten en una prueba de impacto frontal a una velocidad de 56 kilómetros por hora contra una barrera fija, una de impacto lateral contra una barrera móvil a 62 kilómetros por hora . Los resultados que da esta empresa son mucho más positivos que la de EuroNCAP, dando ésta última menos estrellas para el mismo vehículo.

CESVIMAP

CESVIMAP (centro de experimentación y seguridad vial MAPFRE) es una empresa española fundada en el año 1983, con sede en Ávila. Se dedica a la investigación sobre el automóvil, centrándose ante todo en los métodos de reparación de vehículos. Entre sus actividades destacan la de formación y asesoramiento de peritos de seguros, la realización de reconstrucciones de accidentes de tráfico (siendo en esta rama pionera en España), apoyo a talleres en cuanto a métodos de trabajo... Además CESVIMAP cuenta con el equipo y los medios necesarios para la realización de pruebas de crash test.

La empresa española realiza crash test de turismos, vehículos industriales (furgonetas, todo terrenos y camiones de hasta un máximo de 2600 Kg.) y motocicletas.

-Crash test de turismos

Los crash test de turismos de CESVIMAP consisten en dos pruebas de impacto, una trasera y otra delantera, estas pruebas tratan de determinar la repuesta de un turismo ante un hipotético choque frontal contra otro vehículo que circula en sentido contrario y una colisión por alcance. Las pruebas se realizan ambas a una velocidad aproximada de 15 kilómetros por hora, colisionando contra un muro indeformable de 35 toneladas con el 40 por ciento del frontal del coche, en el caso de la colisión frontal. En el caso de la colisión por alcance es una barrera móvil la que golpea la parte posterior derecha del vehículo, estando éste detenido.

-Crash test de vehículos industriales

Las pruebas a las que son sometidos este tipo de vehículos son similares a las de los turismos.

Los resultados de los vehículos industriales difieren mucho de los resultados en turismos, debido principalmente a los procesos de fabricación de dichos vehículos. Así los resultados obtenidos en este tipo de prueba por los distintos tipos de furgonetas, por poner un ejemplo, cambia dependiendo de los materiales con los que está fabricado, su diseño...

-Crash test de motocicletas

CESVIMAP fue pionera en el mundo en la realización de crash test de motocicletas. La empresa abulense comenzó a realizar este tipo de pruebas con motocicletas en el 1991, gracias a esto podemos hacer una clasificación de este tipo de vehículos en términos de seguridad.

La prueba consiste en mantener la motocicleta estática y girada 10° hacia la izquierda con la dirección totalmente girada hacia el lado opuesto. En este punto se hace colisionar una barrera móvil a una velocidad de 15 kilómetros por hora.

CESVIMAP, a diferencia de otras empresas dedicadas a la realización de crash test no sólo pretende dar a conocer la seguridad de un automóvil, ya que intenta además que sus ensayos les sirvan a las marcas para mejorar sus modelos.

Nuestra opinión personal es que los crash test han ayudado inmensamente a la reducción de lesiones en accidentes de tráfico y tenemos que estar muy agradecidos a todas estas empresas que velan por nuestra seguridad en el coche. Opinamos además que al nivel que la tecnología avanza en estos tiempos, pronto aparecerán nuevos métodos y sistemas para minimizar los riesgos así que deberemos de seguir con los ojos bien abiertos y trabajando para que esto no se detenga y siga evolucionando.