



PME 3543
Estruturas Mecânicas e de Veículos
Notas de Aula
Prof. Leandro V. da S. Macedo

11
Caso de Carregamento
Testes de Custo de Reparo



Caso de Carregamento: Custo de Reparo

Testes RCAR

(Research Council for Automobile Repairs) <http://www.rcar.org/>
CESVI (Centro de Experimentação e Segurança Viária)





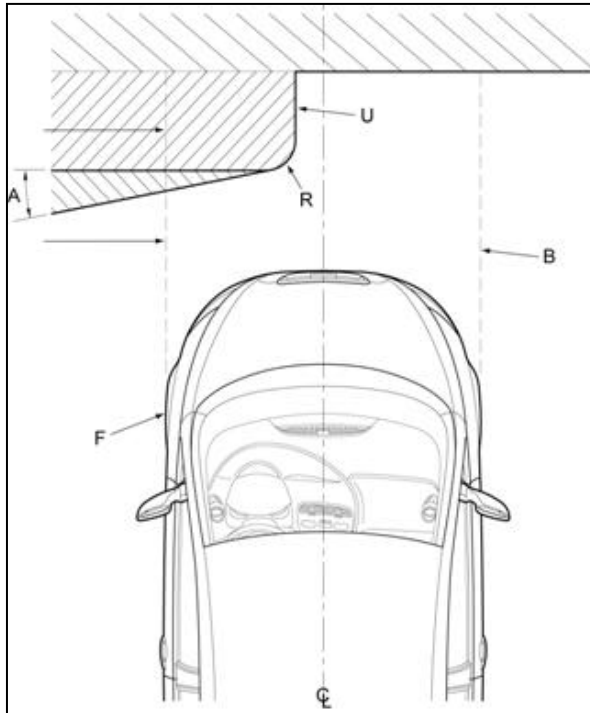
Custo de Reparo
RCAR (Research Council for Automobile Repairs)
<http://www.rcar.org/>

Há dois tipos de testes propostos pela RCAR para avaliação de custo de reparo dos veículos em colisões a baixa velocidade e da qualidade do projeto dos sistemas de parachoques dos veículos:

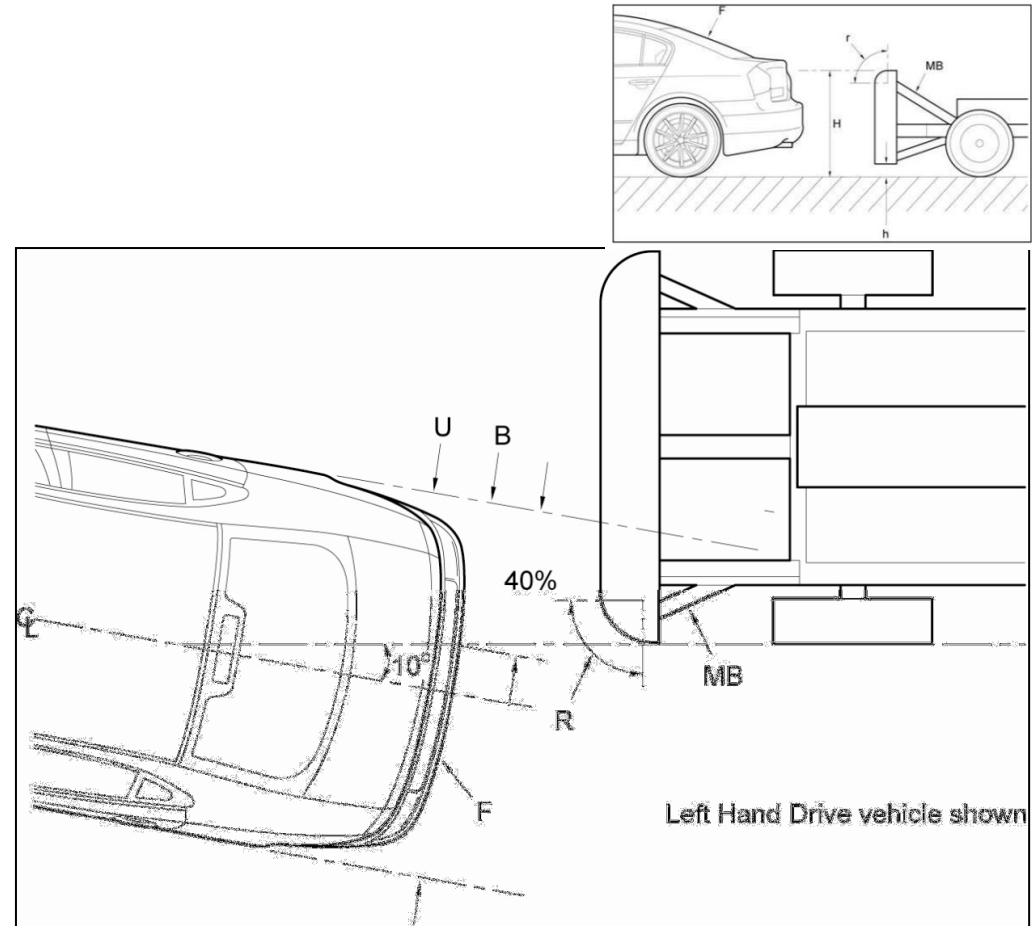
- **Structural Test** → utilizado para o índice Car Group
- **Bumper Test** → desenvolvido para incentivar a aplicação de parachoques eficazes, isto é, que protejam o veículo de forma eficaz e para que estes funcionem de forma compatível quando do impacto com os parachoques de outros veículos, isto é que os projetos dos parachoques das diversas montadoras sejam compatíveis entre si.

Custo de Reparo

RCAR Structural test



v = 15 km/h (+ 1 km/h)
Offset 40% (+/- 25 mm), lado do
motorista, barreira inclinada 10°
Massa do veículo: em ordem de marcha +
75 kg ("dummy" 50th percentil)
Ignição na posição "on" (testar disparo de
sistema de retenção – airbag e pré-
tensionadores).



Barreira móvel: 1400 kg (+/- 5 kg), v = 15 km/h (+ 1 km/h)
Lado oposto ao do motorista no teste traseiro.
Câmbio em ponto morto (“neutral”), freios não acionados.



Custo de Reparo RCAR Structural test

10.25 A definitive list of the replacement parts, priced from the latest retail list with no discount, required to reinstate the vehicle to its pre-accident condition for both the front and rear impact.

10.26 A record of the number of hours (and the hourly charge) required to remove the damaged parts and replace with new parts, and to repair those items capable of repair, such that the vehicle is reinstated to its pre-accident

Para obtenção do índice de reparabilidade “Car Group” é aplicada uma fórmula onde são consideradas:

- médias ponderadas do custo para reparar a colisão dianteira e traseira;
- custo médio para reparar aquela classe de veículo;
- valor da cesta de peças do veículo (peças comumente trocadas, independente dos testes de colisão).

O resultado é uma classificação numérica onde o menor número representa o carro com menor custo de reparação.

Esta classificação é feita separadamente para as diversas categorias de veículos (hatch compacto, hatch médio, sedan, van, etc...).



Custo de Reparo RCAR Structural test

COMO É FEITO O ESTUDO

Para chegar aos resultados do ranking CAR Group, o CESVI desenvolve todo um estudo de reparabilidade e análise de custo de peças. Tudo começa quando o centro de pesquisa recebe o veículo antes de seu lançamento, analisa sua estrutura e realiza medições técnicas. Essa é a fase de preparação para o crash-test. Logo em seguida, são feitos os testes de impacto de baixa velocidade (15 km/h), com colisão de 40% da dianteira esquerda e 40% da traseira direita, de acordo com a norma internacional do RCAR (Research Council for Automobile Repairs). Depois de cada crash-test, o veículo é levado para a oficina-modelo do CESVI, onde é estudada a extensão dos danos e a facilidade do reparo, e feita uma análise individual das peças envolvidas. Novas medições técnicas são feitas após o impacto, para avaliar como o crash pode ter alterado as medidas originais do carro. Outra avaliação diz respeito à estrutura e aos componentes que têm finalidade de auxiliar no comportamento do veículo diante de um impacto de baixa velocidade, como travessa com crash-box, absorvedores de impacto, deformações programáveis nos componentes e o tipo de painel utilizado (parafusado, soldado, front-end). É feito então um cálculo que considera os custos da reparação dianteira e traseira, incluindo a mão de obra, os tempos de substituição e a cesta básica de peças. É o resultado desse estudo que leva ao índice CAR Group do automóvel.



Custo de Reparo RCAR Structural test

The screenshot shows the CESVI Brasil website. At the top, there is a navigation bar with links: 'Página inicial', 'Entre em contato', and 'Webmail'. Below this is a search bar with the text 'Pesquisar no site: O que deseja encontrar?'. The main menu includes 'Sobre Nós', 'Produtos e Serviços', 'Publicações', 'Ações Sociais', 'Autoteca', 'Clube das oficinas', and 'Imprensa'. The 'Produtos e Serviços' dropdown menu is open, showing options: 'Avaliações e Consultoria', 'CINS', 'Estudos e Pesquisas', 'Índices', 'Leitão', 'Órion', 'Segurança Viária', and 'Treinamentos'. The 'ÍNDICES' section is highlighted, and a large image of a car in a crash test is visible. Below the image, there is a paragraph of text and a row of logos for various indices: CAR GROUP, ÍNDICE DE SEGURANÇA, ÍNDICE DE VISIBILIDADE, ÍNDICE DE DANOS DE ENCHENTE, ÍNDICE DE FURTO, and ÍNDICE DE MANUTENÇÃO VEICULAR. The 'CAR Group' section is expanded, showing a title 'CAR Group' and a subtitle 'Que veículos proporcionam um reparo mais fácil e barato?'. The text describes the CAR Group as an index of major repercussion among vehicles produced by CESVI, used for technical analysis and repair cost comparison. It mentions that CESVI performs crash tests and individual part evaluations. The result is a classification based on repair costs, replacement times, and basic parts. A link 'COMPARATIVO DE VEÍCULOS' is provided at the bottom of the section.

Que tal conhecer os carros mais baratos e fáceis de reparar? E os que resistem bem a um alagamento? E os mais seguros em diversos aspectos?

Os estudos automotivos do CESVI resultam em índices com a finalidade de permitir uma série de comparativos técnicos – até entre modelos de veículos bem semelhantes.

Estruturados em forma de ranking, os índices servem como critério de escolha e análise para os mercados segurador, reparador, imprensa especializada, órgãos de governo e também para o consumidor final.

CAR GROUP
ÍNDICE DE SEGURANÇA
ÍNDICE DE VISIBILIDADE
ÍNDICE DE DANOS DE ENCHENTE
ÍNDICE DE FURTO
ÍNDICE DE MANUTENÇÃO VEICULAR

CAR Group
Que veículos proporcionam um reparo mais fácil e barato?

O CAR Group é o índice de maior repercussão entre os produzidos pelo CESVI. E é também um ótimo cartão de visita do centro de pesquisa, por reunir ensaios técnicos e análise de reparação.

Este estudo compara veículos de uma mesma categoria quanto à facilidade e o custo de seu reparo. O CESVI realiza crash-tests dianteiros e traseiros nos veículos analisados (a maioria, antes de seu lançamento comercial), faz os reparos necessários e uma avaliação individual das peças envolvidas.

O resultado é uma classificação baseada nesse estudo, levando em conta os custos da reparação, os tempos de substituição e a cesta básica de peças.

[COMPARATIVO DE VEÍCULOS](#)

<http://www.cesvibrasil.com.br/site.aspx/Indices>



Custo de Reparo RCAR Structural test



O CESVI realizou um estudo de CAR Group – Facelift com o Chevrolet Cobalt. Esse trabalho tem por objetivo atualizar a análise de reparabilidade para veículos que já passaram pela pista de crash-test do CESVI, mas que sofreram um facelift em suas versões, precisando de uma nova avaliação para verificar se as alterações ocorridas foram apenas em peças móveis ou se também houve mudança em peças estruturais. Esse estudo se baseia na função das características de reparabilidade, com base nos ensaios de impacto normalizados e aceitos internacionalmente (norma RCAR), reproduzindo os impactos que ocorrem com maior frequência no dia a dia.

DADOS DO VEÍCULO

Marca	Chevrolet
Modelo	Cobalt
Versão	LTZ 1.8 Flex
Tipo de carroceria	Monobloco
Peso em ordem de marcha	1.093

CAR GROUP – SEDÃ COMPACTO

POSICÃO	MONTADORA	VEÍCULO	OUTUBRO
1º		VIRTUS	10
2º		ETIOS SEDAN	19
3º		PRISMA JOY	26
4º		NOVO VOYAGE	27
5º		COBALT	32
6º		NOVO CELER SEDAN	37
7º		GRAND SIENA	47

VEÍCULO DE REFERÊNCIA

O chamado veículo de referência é aquele que teve seu desempenho avaliado na pista de impacto do CESVI BRASIL e é utilizado como base para os estudos que não demandam mais necessidade de realização de teste de impacto, os chamados CAR Group – Facelift.

Para a análise da nova versão do veículo "Chevrolet Cobalt – LTZ 1.8 2019", o modelo utilizado como referência foi o "Chevrolet Cobalt – LTZ 1.4 2012", por não haver alterações estruturais com relação à nova versão, chegando à conclusão que não haveria necessidade de executar outro impacto.



Custo de Reparo

RCAR Structural test

IMPACTO DIANTEIRO

Confira como foi o comportamento do veículo referência no impacto dianteiro.

Travessa frontal com crash-box

O Chevrolet Cobalt tem travessa frontal com crash-box. O diferencial é que a travessa é fornecida separadamente, havendo um crash-box na lateral direita e um na esquerda. Com isto, só há necessidade de troca na travessa frontal e o crash-box esquerdo (na região do impacto). Como o crash-box do lado direito foi poupado, o custo do reparo foi menor.

Longarina frontal

A longarina do lado esquerdo foi passível de reparo, já que as regiões na área de impacto da longarina não apresentaram pontos de deformação programada.

Painel dianteiro

O painel dianteiro precisou ser substituído.

TEMPO DE MÃO DE OBRA DA REPARAÇÃO DIANTEIRA

Funilaria	9,98
Mecânica	1,90
Pintura	11,92
Tempo total	23,80

PEÇAS AFETADAS NO IMPACTO DIANTEIRO

Para-choque dianteiro	Substituição
Suporte superior de fixação do para-choque	Substituição
Moldura cromada da grade superior do radiador	Substituição
Moldura cromada da grade inferior do radiador	Substituição
Capô	Substituição
Dobradiça do capô LE	Substituição
Travessa frontal	Substituição
Crash-box LE	Substituição
Painel dianteiro	Substituição
Complemento do painel dianteiro LE	Substituição
Para-lama LE	Substituição
Conjunto óptico LE	Substituição
Defletor de ar do radiador	Substituição
Rebites de fixação dos guias LE/LD do para-choque dianteiro	Substituição
Complemento do painel dianteiro LD	Reparação
Suporte de fixação do conjunto óptico LE	Reparação
Reforço da caixa de roda LE	Reparação
Longarina LE	Reparação
Travessa inferior do radiador	Reparação



Custo de Reparo RCAR Structural test

IMPACTO TRASEIRO

Agora conheça como o veículo referência se portou nos crash-tests traseiros.

Absorvedor de impacto traseiro

Mesmo possuindo um absorvedor de impacto, a ausência de uma travessa com crash-box contribuiu para a quantidade de peças afetadas na parte traseira do Chevrolet Cobalt.

Longarina traseira

A longarina apresentou substituição parcial.

Assoalho do porta-malas

O assoalho do porta-malas está inserido na reparação, necessitando do estiramento para voltar às características originais do componente.

Tampa traseira

A tampa traseira apresentou leves deformações, o que possibilita a sua reparação.

Lateral traseira

A lateral traseira LD também teve possibilidade de reparação. 📌

TEMPO DE MÃO DE OBRA DA REPARAÇÃO DIANTEIRA

Funilaria	16,31
Pintura	19,88
Tempo total	36,19

PEÇAS AFETADAS NO IMPACTO TRASEIRO

Para-choque traseiro	Substituição
Tampa do gancho reboque	Substituição
Guia de fixação do para-choque LD	Substituição
Logotipo Chevrolet da tampa traseira	Substituição
Adesivo "COBALT" da tampa traseira	Substituição
Adesivo "LTZ" da tampa traseira	Substituição
Absorvedor de impacto	Substituição
Longarina parcial LD	Substituição
Painel traseiro	Substituição
Complemento do assoalho LD	Substituição
Suporte do gancho reboque	Substituição
Capa da fechadura da tampa traseira	Substituição
Lanterna traseira LD	Substituição
Rebites de fixação dos guias LE/LD do para-choque traseiro	Substituição
Assoalho do porta-malas	Reparação
Lateral traseira LD	Reparação
Alojamento da lanterna traseira LD	Reparação
Tampa traseira	Reparação



Custo de Reparo RCAR Structural test



**RANKING
CAR GROUP**

AGOSTO/2019

Agosto/2019

RANKING CAR GROUP



**PRIMEIROS
COLOCADOS**

CATEGORIA	MONTADORA	MODELO
HATCH SUBCOMPACTO		UP!
HATCH COMPACTO OFF-ROAD		CROSS UP!
HATCH COMPACTO		NOVO POLO
PICAPE COMPACTA CABINE SIMPLES		SAVEIRO CS
PICAPE COMPACTA CABINE DUPLA		SAVEIRO CD
SEDAN COMPACTO		VIRTUS
SEDAN MÉDIO		C4 LOUNGE
MINIVAN COMPACTA		AIRCROSS
SW COMPACTO		SPACEFOX
UTILITÁRIO ESPORTIVO		T-CROSS
UTILITÁRIO ESPORTIVO OFF-ROAD		JIMNY

Agosto/2019

RANKING CAR GROUP

HATCH COMPACTO

POSICÃO ATUAL	MONTADORA	VEÍCULO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO
1º		NOVO POLO	10	13	12	12	12	12	11	11	11	12	16	16
2º		NOVO FOX	16	16	15	15	15	16	17	17	17	18	19	19
3º		NOVO C3 HATCH	18	18	18	18	19	19	19	19	19	19	19	20
		NOVO GOL	21	21	20	20	20	20	19	19	19	20	20	20
4º		SANDERO	20	21	21	21	21	20	20	20	20	21	21	21
5º		NOVO CELER HATCH	22	22	21	21	22	22	22	22	22	22	22	22
6º		ETIOS HATCH	17	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
7º		ONIX JOY	27	27	27	27	28	27	27	27	27	28	28	28
8º		208	29	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	32
9º		NEW FIESTA	34	35	34	34	34	35	35	35	35	37	37	37
10º		NOVO UNO	43	43	42	42	42	45	45	47	47	47	50	50
11º		NOVO MARCH FACELIFT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58	58	58
12º		NOVO PALIO	52	52	51	51	51	54	54	57	57	57	60	60



CESVI BRASIL
Centro de Experimentação e Segurança Viária

CESVI BRASIL
Centro de Experimentação e Segurança Viária



RCAR Bumper test

O RCAR Bumper Test incentiva as montadoras a produzirem sistemas de parachoques eficazes, com travessas com boa altura de seção transversal e capazes de absorver energia e elementos de deformação (crash boxes) que estejam colocados em alturas comuns, sistemas assim eficazes em proteger os veículos em colisões a baixa velocidade.

In the opinion of RCAR, good vehicle bumper beams should:

- be fitted to both the front and rear of vehicles
- be replaceable without cutting / welding
- incorporate a beam height exceeding 100 mm
- be positioned to fully engage with the front and rear bumper barriers
- be torsion-resistant to carry eccentric loads without twisting
- absorb energy and restrict damage to the bumper system only
- be attached to the body via energy absorbing structures that are inexpensive to repair or replace
- be stable during impacts to prevent underride and override.
- prevent damage to structural, welded or bonded and other expensive parts
- extend laterally to protect the corners of the vehicle.

Insurance data also show that rear bumpers are overridden when struck by high ride height vehicles (SUVs, pickup trucks). In markets where such vehicles are common the rear test may be conducted at the higher mounting position to prevent override.



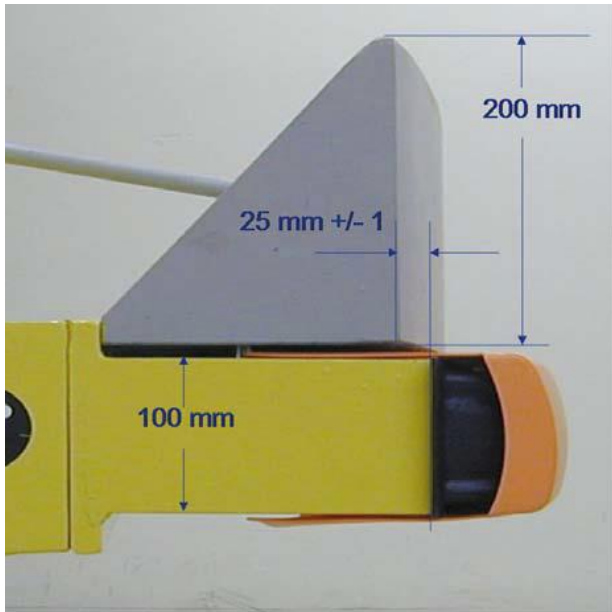
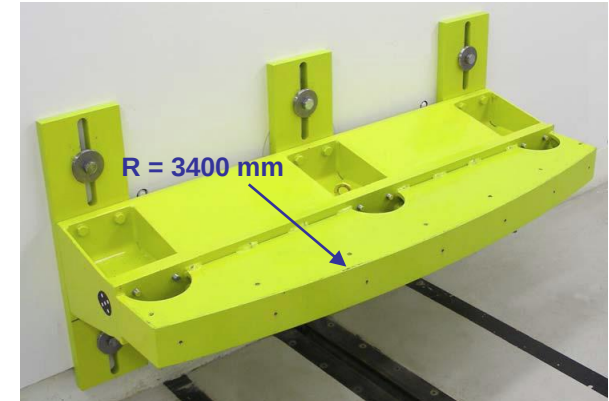
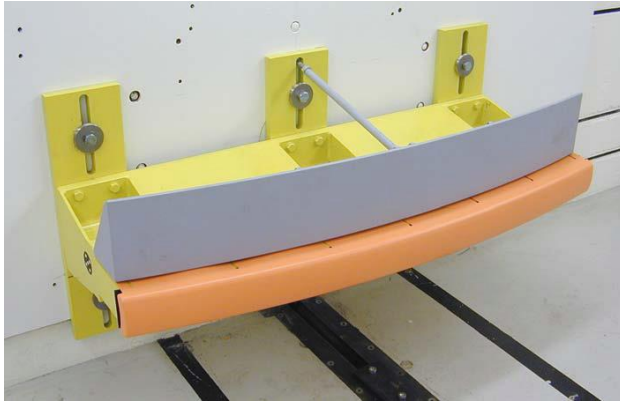
$$v = 10.0 \text{ km/h} \pm 0.5 \text{ km/h}$$

The barrier ground clearance shall be

- **455 mm for frontal impact ($\pm 3 \text{ mm}$)**
- **405 mm or 455 mm ($\pm 3 \text{ mm}$) for rear impacts** (depending on local market)



RCAR Bumper test



The new test closely replicates the damage patterns observed in real-world low-speed crashes and addresses three components of bumper performance:

1. Geometry – vehicle bumpers need to be positioned at common heights from the ground to properly engage each other in crashes
2. Stability – vehicle bumpers need to be tall and wide enough to remain engaged with the bumpers of other vehicles despite vehicle motion due to loading, braking, etc.
3. Energy-absorption – vehicle bumpers should absorb low-speed crash energy without damage to other parts of the vehicle.



RCAR Bumper test

Bumper Beam Height:

Maximum vertical distance measured between the highest and lowest points on the bumper beam profile.

Qualifying Bumper Beam Height:

Aggregate vertical distance, determined by the measuring procedure.

Relevant Bumper Engagement:

Vertical overlap of the bumper barrier and the vehicle's qualifying bumper beam height.

The values "R" and "L" are weighted 25%, the value "C" is weighted 50%.

Example: R=90, L=90, C= 60

Qualifying bumper beam height = $(90+90)*0,25 + 60*0,5 = 75$ mm.

Criterion: Relevant bumper engagement > 75 mm

(vehicles with **qualifying bumper beam heights of 100 mm or more** shall be subject to the dynamic test, if the relevant bumper engagement is less than 75 mm when a reasonable test result can be anticipated).

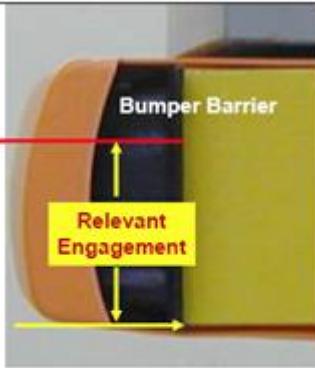
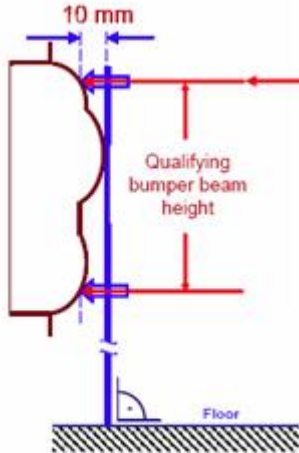
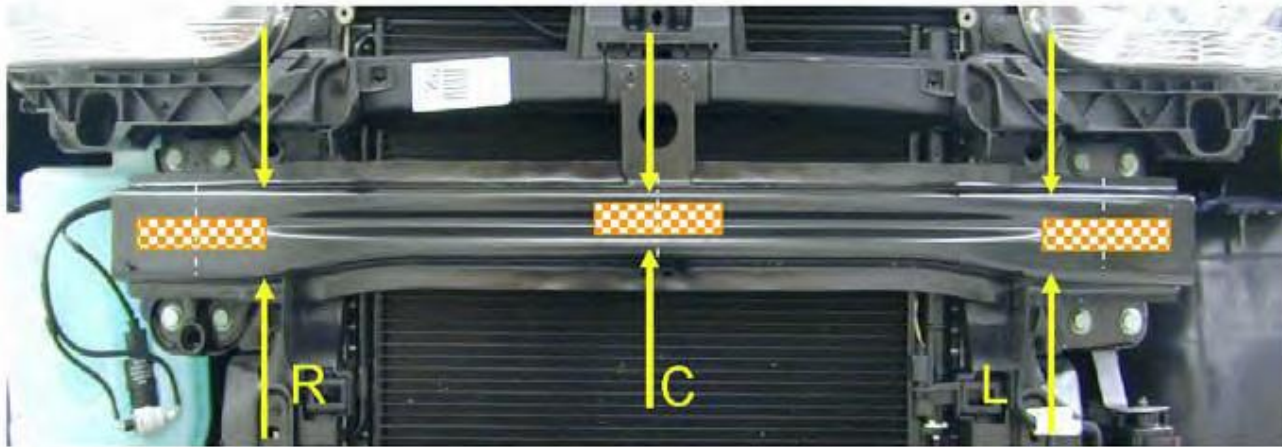


Fig. 5: Relevant bumper engagement





RCAR Bumper test

Corner Basic requirements

Vehicles should be equipped with bumper beams that protect the vehicle corners. Vehicles that leave more than 15% of their width unprotected at each corner will be deemed unacceptable.

Measuring the bumper beam width

The bumper beam width shall be measured after removing all detachable components (e.g. energy absorbing materials). The bumper beam width shall be measured from the left most outboard section of the bumper beam to the right most outboard section of the bumper beam (Figures 6 & 7). If the ends of the beam are less than the qualifying bumper beam height for the full-width test (§5.1), they will not be included in the measurement of the bumper beam width (Figure 8).

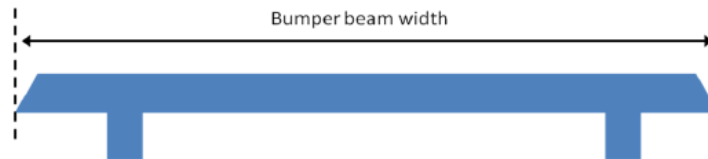


Figure 6. Measuring Bumper Width (flat) - Top View A

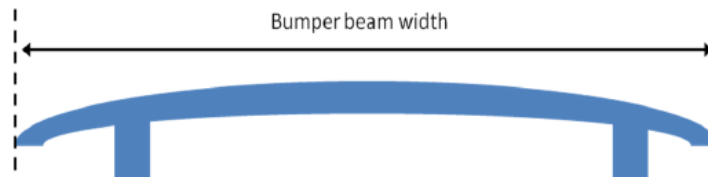


Figure 7. Measuring Bumper Width (curved) - Top View B

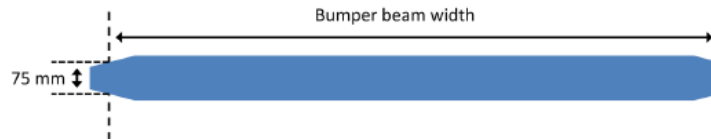


Figure 8. Measuring Bumper Width within 75 mm Vertical Engagement – Front View



RCAR Bumper test

Measuring the Qualifying Bumper Beam Ratio

The vehicle width is measured at the wheel wells (including moldings and sheet metal protrusions) at the corresponding axle — front axle for the front bumper and rear axle for the rear bumper. The bumper beam and vehicle width measurements are shown in Figure 9. The qualifying bumper beam width calculation is given below.

$$\text{Qualifying Bumper Beam Ratio} = 100 * \left(\frac{\text{Bumper Beam Width}}{\text{Vehicle Width}} \right)$$

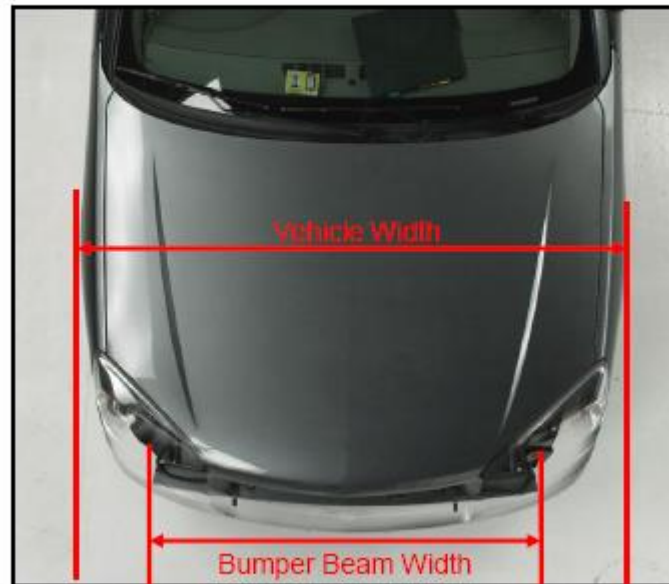
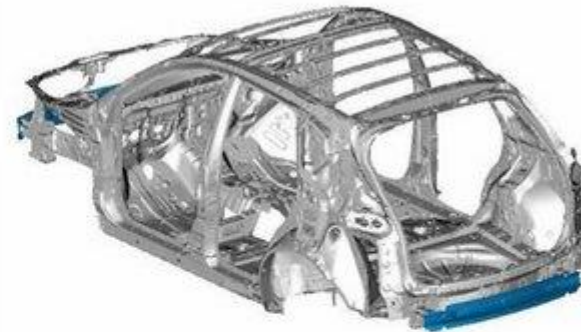


Figure 9: Qualifying Bumper Beam Width



2012 Mazda CX-5



Bumper beams made from 1,800 MPa ultra-high tensile steel



<http://www.guideautoweb.com/en/articles/13132/>

October 18, 2011

Mazda CX-5 First Car to use 1,800 MPa Ultra-High Tensile Steel

Mazda Motor Corporation, in collaboration with Sumitomo Metal Industries, Ltd. and Aisin Takaoka Co., Ltd., has become the first automaker to successfully develop vehicle components using 1,800 MPa ultra-high tensile steel. This super-strength steel will debut in the all-new Mazda CX-5 crossover SUV that will commence its global launch in early 2012. Mazda's new production technology uses 1,800 MPa ultra-high tensile steel to fabricate bumper beams, which fit inside the front and rear bumpers and damage in the event of a collision. The bumper bars are 20 percent stronger and 4.8 kilograms lighter than previous versions and are a key part of Mazda's next-generation, lightweight and highly rigid vehicle architecture. The new body-architecture was developed as part of Mazda's breakthrough SKYACTIV TECHNOLOGY program and incorporates a new energy absorbing structure as well as expanded use of high-tensile steel to reduce weight.

The use of high tensile steel enables vehicle parts to be thinner yet still retain the same degree of high strength. This leads to significant savings in vehicle weight. Reducing the weight of bumper beams is particularly important because, as they are incorporated into the body structure at the farthest point from the vehicle's centre of gravity, their weight has a considerable effect on dynamic performance and responsiveness. They must also be strong to provide sufficient collision protection. For these reasons, a method of mass-producing parts using stronger steel has been highly sought after.

However, stronger materials are less pliant and therefore absorb less energy in a collision. To overcome this, Mazda conducted extensive research into how bumper beams deform in a crash, and created a new design that absorbs energy more efficiently. Additionally, in order to ensure the bumpers provide maximum strength in the CX-5, Mazda collaborated with Futaba Kogyo Co., Ltd. to optimize the welding techniques and to establish a reliable manufacturing process.

Going forward, Mazda remains committed to reducing vehicle weight and improving dynamic performance while also maintaining a high level of body rigidity and excellent crash resistance, in order to provide all its customers with driving pleasure and outstanding environmental and safety performance.