



TESIS DE GRADO EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TENDENCIAS EN ACEROS PARA LA INDUSTRIA
AUTOMOTRIZ.
DIRECTRICES BÁSICAS PARA EL
DIMENSIONAMIENTO DE INVERSIONES
EN EL SECTOR SIDERÚRGICO**

**AUTOR:
GONZALO MARTÍN MORENO MICELI**

DIRECTORES DE TESIS:
DR. ING. ROBERTO GERARDO BRUNA
DR. CARLOS JOSÉ SEMINO

2010

*A Adelina, Alicia,
José y Raúl*

RESUMEN EJECUTIVO

La presente Tesis de Grado fue realizada en carácter de Proyecto Final de la Focalización en Materiales en el área de Siderurgia; desde su comienzo, se trató que la orientación de esta Tesis fuese dual: es decir, que contemple a la vez aspectos propios de Ingeniería Industrial y de Ciencia de Materiales (en particular, Siderurgia).

En ese contexto, se decidió llevar a cabo un Proyecto que permitiera dar un panorama de la situación actual en cuanto a la composición de materiales para distintas plataformas de vehículos y alertar sobre tendencias en cuanto a Seguridad, Medio Ambiente y Nuevos Materiales que pudiesen modificar el mix de materiales actuales.

El Marco Teórico cuenta con tres secciones:

- Principales procesos de recubrimiento metálico utilizados para chapa y componentes galvanizados destinados a la Industria Automotriz.
- Seguridad en vehículos (tanto para los ocupantes como para los peatones).
- Conceptos generales sobre Cambio Climático.

Para esta investigación, se decidió hacer un despiece virtual de 4 vehículos de producción local para el mercado nacional, regional y mundial (Pequeño Europeo, Mediano Europeo, Mediano Americano y Pick-up) para obtener un panorama actual de la distribución de materiales por plataforma. Con los datos relevados se crearon Grupos Funcionales de piezas y Familias de Acero asociados a los mismos.

Por otra parte, se realizó una revisión bibliográfica para tomar en consideración futuras tendencias en cuanto a:

- Ensayos y Regulaciones de Seguridad.
- Regulación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).
- Nuevos Materiales.

En cuanto a Seguridad, se observó que los protocolos para los ensayos en vehículos serán cada vez serán más exigentes, tanto para los ocupantes como para los peatones. Dado que la normativa a nivel local tiende a seguir los estándares internacionales, se utilizó información del Euro NCAP (*European New Car Assessment Programme*, Programa Europeo de Evaluación de Automóviles Nuevos) para detectar los hitos que impulsen desarrollo de nuevas tecnologías y tipos de aceros.

De manera similar, las regulaciones en cuanto a emisiones de GEI serán cada vez más estrictas. El objetivo global de la Unión Europea en materia de emisiones de GEI es que las emisiones medias de CO₂ de los vehículos nuevos sean inferiores a 120 g de CO₂/km, para 2012. A partir de 2020, el nuevo objetivo es que dicho valor sea de 95 g de CO₂/km. Habrán penalizaciones para las terminales que no cumplan con tales objetivos y supercréditos (entre 2012 y 2015) para aquellas que logren vehículos con emisiones específicas de CO₂ por debajo de 50 g de CO₂/km. Algunas terminales automotrices han celebrado alianzas para hacer frente a estas regulaciones, cada vez más estrictas. Además, un dato que resultó de interés es que el gobierno chino no le permitió a una firma china comprar una marca americana, debido a su imagen de vehículo de alto nivel de emisión de GEI.

Para atender estos requerimientos, la Industria Siderúrgica ha desarrollado nuevas familias y grados de Aceros Avanzados de Alta Resistencia (*Advanced High Strength Steels*, AHSS) que permitirán seguir reduciendo el peso del vehículo, y mejorar los resultados en los distintos ensayos a los que se somete el automóvil para determinar cuán seguro es. Entre los tipos de aceros, se destacan:

- Los DP (*Dual Phase*, aceros de Fase Dual)
- Los HS IF (*High Strength Interstitial Free*, aceros de Alta Resistencia, Sin Intersticiales) y los DR BH de alto grado (*Dent Resistance Bake-Hardened*, Resistentes a la Indentación, Horneado)
- Los aceros al Boro (*Boron Steels*) endurecidos por temple, los cuales surgen como una alternativa interesante para sustituir aceros de mayor complejidad, con similares prestaciones, como son los aceros TRIP (*Transformed Induced Plasticity*, aceros de Plasticidad Inducida por Transformación). La participación de los aceros al Boro aumentará conforme se vaya implementando el proceso de *Hot Stamping* (Estampado en Caliente) y se desarrolle su matricería.

En cuanto a recubrimientos, según el relevamiento, el de mayor participación resultó ser el Galvanizado por Inmersión en Caliente (GI), seguido por el Electrocincado (ELZ) y en menor medida el Recocido de Galvanizado (GA). Adicionalmente, se estudiaron distintos formatos de chapa: desde TWB (*Tailor Welded Blanks*, Formatos de Chapa Soldados a Medida), hasta aceros de tipo compuesto y estructuras tubulares. Particularmente, si bien los TWB no tienen una participación significativa actualmente, desde el punto de vista funcional representan una oportunidad interesante para reducir el peso del vehículo, sin comprometer la seguridad.

Naturalmente, la Industria Siderúrgica debe estar atenta –y anticiparse– a los hitos que se irán dando en materia de regulaciones Medioambientales y de Seguridad.

Ello se debe a que, dado que la Industria Automotriz es uno de los principales motores en la cadena de valor de la Industria del Acero, esta última debe tomar fuertemente en consideración las principales tendencias del macro-entorno para poder anticiparse a satisfacer sus necesidades.

ABSTRACT

This Thesis was conceived as the Final Project of the Specialization in Materials, on the field of Siderurgy. From its beginning, the following goal was pursued: this work should have a dual focus: that is to include both fields, Industrial Engineering and Material Sciences (in particular, Steel).

In this context, it was decided to carry out a project that would provide a clear overview of the current situation regarding the composition of materials used in different vehicles. It should also take into account various trends on Safety, Environment and New Materials which could modify the current materials' mix.

The Theoretical Framework is divided into three parts:

- Main metal coating processes used for steel sheets and galvanized components for the Automotive Industry.
- Vehicle Safety (for both, occupants and pedestrians)
- General information on Climate Change.

For this investigation, it was decided to carry out different virtual exploded views of four vehicles produced locally for the following markets: National, Regional and Global (European Small-sized, European Medium-sized (EU), American Medium-sized (US) and Pick-up), in order to get a clear picture of the current distribution of materials for different types of vehicles. With the data gathered for these models, Functional Groups of pieces and Steel Families related to them were created.

In addition, the following information was sought, in order to take into account future trends:

- Safety Tests and Regulations.
- Regulations on Greenhouse Gases emissions.
- New Materials.

As for Safety, it was noted that the protocols for testing vehicles will be stricter, for both tests: occupants and pedestrians. Given that local legislation tends to follow international standards, information provided by the Euro NCAP (European New Car Assessment Programme) was used in order to detect milestones that will foster the development of new technologies and types of steels.

Similarly, regulations on Greenhouse Gases emissions will become more stringent. The global objective for Greenhouse Gases emissions of the European Union is that the vehicle's CO₂ average emissions must be lower than 120 g of CO₂/km by 2012. 2020 onwards, the new goal is 95 g of CO₂/km. There will be heavy fines for those carmakers that do not meet their targets set for specific CO₂ emissions, as

well as “super-credits” for those that produce vehicles whose specific CO₂ emissions are lower than 50 g of CO₂/km. Some car manufacturers have forged alliances with other carmakers in order to face these regulations. Also, a particularly interesting item of information is that the Chinese government did not allow a Chinese company to purchase an American trademark, due to its high-emissions image.

To meet these requirements, Steel Industry has developed new families and grades of Advanced High Strength Steels (AHSS), which will enable car manufacturers to continue decreasing the vehicle’s weight, while improving the ratings obtained for the various safety tests that new cars have to undergo in order to assess how safe these are.

- DP (Dual Phase) Steels,
- HS IF (High Strength Interstitial Free) Steels, and high grade DR BH (*Dent Resistance Bake-Hardened*) Steels.
- Boron Steels quench-hardened, which are an interesting alternative to more complex steels that have similar uses, such as the TRIP (Transformed Induced Plasticity) Steels. Boron Steels’ share will increase in accordance with the development and implementation of the Hot Stamping process and its tooling.

As for coatings, according to the information gathered, the most common are Hot Dip Galvanizing (GI) and Electroplating (ELZ), while Galvannealing has a small share. In addition, different steel blanks were studied: from TWB (Tailor Welded Blanks), to composite steels and tubular structures. Even though TWB do not have currently an important share, from the functional point of view they are an interesting opportunity to reduce the vehicle’s weight, without lessening its safety.

Naturally, the Steel Industry must be aware –and ahead- of the milestones that will be taking place on Environmental and Safety regulations. This is because, as the Automotive Industry is one of the main drivers of the chain-value of the Steel Industry, the latter should take strongly into account the main trends studied in order to anticipate to the former’s needs.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a las siguientes personas:

A mis tutores: Roberto Gerardo Bruna (TerniumSiderar) y Carlos José Semino (ITBA), quienes, gracias a su calidad humana y profesional, se convirtieron en excelentes guías para la realización de este proyecto y, sin lugar a dudas, contribuyeron fuertemente a la calidad del presente Trabajo Final.

A mis padres, Gabriela y Daniel, y mi hermano, Matías, por haberme brindado su permanente apoyo y palabras de aliento, no sólo a lo largo de esta carrera, sino desde siempre.

A mi novia, Paula, por estar siempre conmigo, entendiendo los sacrificios realizados a lo largo de este camino.

A mis amigos y amigas por todos los momentos compartidos, tanto de estudio como de diversión. Cada uno, a su modo, me ha ayudado a ser lo que hoy soy.

Al Dr. Ing. Aníbal Cofone y al Ing. César Belinco por haber sido mis principales referentes a lo largo de mi Carrera universitaria y haberme brindado un sinnúmero de oportunidades.

A mis profesores de la escuela y la Universidad, por haberme formado humana y profesionalmente a través de sus palabras y ejemplo.

A uno y cada uno de ellos, muchas gracias.

G.M.M.M.

Olivos, Agosto de 2010

Lista de Abreviaturas Utilizados a lo largo del Texto:

Abreviatura	Significado
ACEA	Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles
AHSS	Advanced High Strength Steel (Acero Avanzado de Alta Resistencia)
BIW	Body in White
CE / UE	Comunidad/Unión Europea
CMCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
DDQ	Deep Drawing Quality Steel (Acero Embutible Profundo)
DP	Dual Phase Steel (Acero de Fase Dual)
DQ	Drawing Quality Steel (Acero Embutible)
DR BH	Dent Resistance Bake-Hardened Steel (Acero Resistente a la Indentación, Horneado)
EDDQ	Extra Deep Drawing Quality Steel (Acero Embutible Extra Profundo)
EHHS	Extra High Strength Steel (Acero de Extra Alta Resistencia)
ELZ	Electrocincado
ESC	Electronic Stability Control (Control Electrónico de Estabilidad)
Euro NCAP	European New Car Assessment Programme ("Programa Europeo de Evaluación de Automóviles Nuevos")
GA	Recocido de Galvanizado
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GI	Galvanizado por Inmersión en Caliente
GM	General Motors
HS IF	High Strength Interstitial Free Steel (Acero de Alta Resistencia, Sin Intersticiales)
HSLA	High Strength Low Alloy Steel (Acero de Alta Resistencia, Baja Aleación)
HSS	High Strength Steel (Acero de Alta Resistencia)
IISI	International Iron and Steel Institute (Instituto Internacional del Hierro y el Acero)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change ("Panel Intergubernamental de Cambio Climático")
JAMA	Asociación Japonesa de Fabricantes de Automóviles
KAMA	Asociación Koreana de Fabricantes de Automóviles
LAF	Laminado en Frío
LCA	Life Cycle Assessment (Evaluación de Ciclo de Vida)
MS	Mild Steel (Acero al Carbono)
OMM	Organización Meteorológica Mundial
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
SMMT	Society of Motor Manufacturers and Traders Limited (Sociedad de los Fabricantes y Comerciantes de la Industria Automotriz)
SS	Structural Steel (Acero Estructural)
TKS	Thyssen Krupp Steel
TRIP	Transformed Induced Plasticity Steel (Aceros de Plasticidad Inducida por Transformación)
TWB	Tailor Welded Blank (Formatos de Chapa Soldados a Medida)
TWIP	Twinning-Induced Plasticity Steels (Aceros con Plasticidad Inducida por Maclado)
UHSS	Ultra High Strength Steel (Acero de Ultra Alta Resistencia)
ULSAB	Ultra Light Steel Auto Body (Aceros Ultra Livianos para la Carrocería)
ULSAB AVC	Ultra Light Steel Auto Body Advanced Concept (Concepto Avanzado de Aceros Ultra Livianos para la Carrocería)

Tabla de Contenidos

1 INTRODUCCIÓN	1
2 MARCO TEÓRICO	5
2.1 PROCESOS DE RECUBRIMIENTO	7
2.1.1 Cincado por Inmersión en Caliente	10
2.1.2 Electro cincado	11
2.1.3 Pintado por Electroforesis por Inmersión (Cataforesis)	13
2.1.4 Pintado Electrostático con Pinturas Pulverizadas (Electrostatic Spraying)	14
2.2 SEGURIDAD	15
2.2.1 Euro NCAP	15
2.2.2 Índices del Euro NCAP	15
2.2.3 Ensayos Realizados por el Euro NCAP	17
2.3 CAMBIO CLIMÁTICO	19
2.3.1 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático	19
2.3.2 Informe de Síntesis sobre Cambio Climático 2007	19
3 RELEVAMIENTO	23
4 TENDENCIAS	31
4.1 TENDENCIAS: SEGURIDAD	33
4.2 TENDENCIAS: CAMBIO CLIMÁTICO	37
4.2.1 Marco de la Reglamentación	37
4.2.2 Reglamento N° 443/2009	40
4.2.2.1 Objeto y Objetivos	40
4.2.2.2 Ámbito de Aplicación	40
4.2.2.3 Objetivos de Emisiones Específicas	40
4.2.2.4 Supercréditos	41
4.2.2.5 Formación de Agrupaciones	41
4.2.2.6 Seguimiento y Notificación de las Emisiones Medias	41
4.2.2.7 Penalización por Exceso de Emisiones	43
4.2.2.8 Publicación de los Resultados de los Fabricantes	43
4.2.2.9 Excepciones para Algunos Fabricantes	43
4.2.2.10 Eco-innovación	44
4.2.2.11 Revisión y Presentación de Informes: Tendencias e Hitos	44
4.2.3 Consideraciones Adicionales	45
4.2.4 Repercusión de las Nuevas Reglamentaciones en las Estrategias de las Terminales Automotrices	45

4.3 TENDENCIAS: MATERIALES	47
4.3.1 Aceros	48
4.3.1.1 Aceros de Fase Dual (DP, <i>Dual Phase Steels</i>)	48
4.3.1.2 Aceros de Plasticidad Inducida por Transformación (TRIP, <i>Transformed Induced Plasticity Steels</i>)	49
4.3.1.3 Aceros Martensíticos (<i>Martensitic Steels</i>)	50
4.3.1.4 Aceros al Boro (<i>Boron Steels</i>)	50
4.3.1.5 Aceros con Plasticidad Inducida por Maclado (TWIP, <i>Twinning-Induced Plasticity Steels</i>)	50
4.3.1.6 Aceros de Alta Resistencia, Sin Intersticiales (HS IF, <i>High Strength Interstitial Free Steels</i>)	50
4.3.1.7 Aceros Resistentes a la Indentación, Horneados (DR BH, <i>Dent Resistance Bake-Hardened</i>)	50
4.3.2 Evolución a través del Tiempo en la Composición de Aceros Utilizados	51
4.3.3 Tendencias en Formatos	53
5 ANÁLISIS	57
6 CONCLUSIONES	67
6.1 Conclusiones Técnicas	67
6.2 Conclusiones Estratégicas	75
BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXOS	83
Anexo I	85
Anexo II	89

1 INTRODUCCIÓN

Tanto en el plano mundial como local, se presentan dos grandes tendencias que impactan a la Industria Automotriz y, consecuentemente, a la Industria Siderúrgica, a saber:

- Necesidad de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI en adelante).
- Necesidad creciente de mejora de la Seguridad (tanto para pasajeros como para peatones).

Por tanto, previo a abordar el desarrollo de esta investigación, cabe hacerse la siguiente pregunta: ¿Sigue siendo el acero el material indicado para la Industria Automotriz?

Para responder este interrogante, se estudiaron distintos documentos basados en el concepto de *Life Cycle Assessment* (Evaluación de Ciclo de Vida, LCA en adelante).

Según la *Environmental Protection Agency* (Agencia para la Protección del Medio Ambiente, EPA en adelante) el LCA se define como aquella técnica que permite evaluar los aspectos ambientales e impactos potenciales relativos a un producto, proceso o servicio a través de:

- La creación de un registro de los inputs de materiales y energía más relevantes y las emisiones al medio ambiente.
- La evaluación de los impactos ambientales potenciales debidos a los inputs y emisiones identificados.
- La interpretación de los resultados, en vistas de efectuar tomas de decisiones basadas en información objetiva.

Todo lo que implica el concepto de LCA se puede observar en la Figura 1.1.¹

Estas tendencias plantean un escenario favorable para el desarrollo de materiales avanzados, que respondan a las mismas, tanto técnica como económicamente.

¹ U.S. Environmental Protection Agency (EPA); LCA 101; 1993

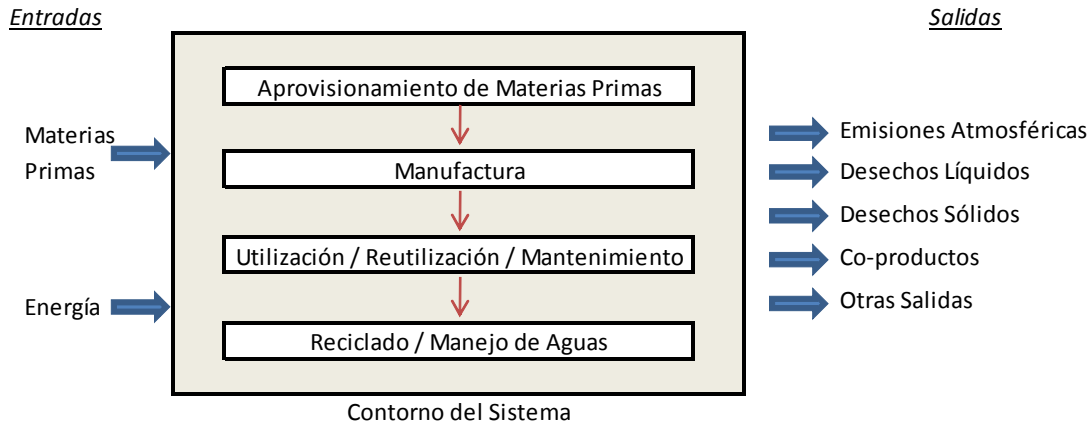


Figura 1.1. Etapas del LCA

Fuente: U.S. Environmental Protection Agency (EPA); LCA 101; 1993

En concordancia con las conclusiones arribadas en una Tesis de Grado de una ingeniera graduada del ITBA, se encontraron estudios de tipo LCA en los que se compara el acero con otros materiales (principalmente aluminio y polímeros).^{2,3,4} En todos ellos se concluye que, considerando el ciclo de vida completo (desde la extracción de los minerales hasta su deposición final), el acero representa un costo ambiental menor (principalmente debido a su altísima reciclabilidad). Además, permite tener costos competitivos en cuanto a manufactura.

Luego, se requiere construir –a costos competitivos- vehículos cada vez más livianos, sin comprometer la seguridad de ocupantes y peatones.

La Figura 1.2 muestra muchos de los conceptos que serán tratados a lo largo del cuerpo del presente Trabajo Final.

²Álvarez, M.; Impacto Ambiental de Automóviles Medianos Utilizando Modelos de Ciclo de Vida; Tesis de Grado en Ingeniería Industrial; 2007

³Lazzari, S. (Centro Ricerche Fiat); Life Cycle Management of a Vehicle Component or Sub-System; ARCELOR SYMPOSIUM; Cannes; 2005

⁴WorldAutoSteel Report; Automotive steel performance advantages – Why steel is still the right choice?; 2008

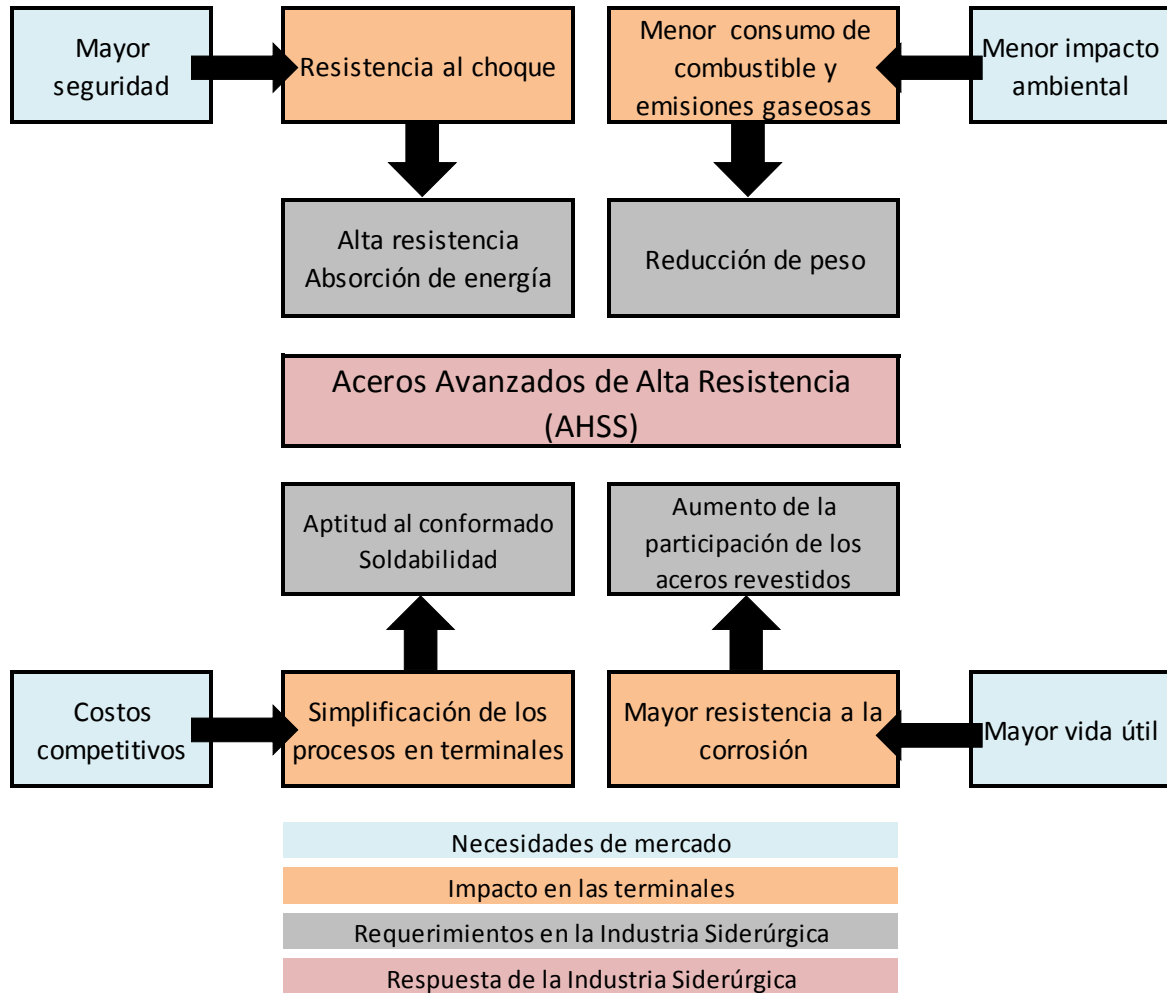


Figura 1.2. Fuerzas impulsoras del desarrollo de nuevos aceros
Fuente: Actis, F.; Reporte interno; TerniumSiderar; 2007

La Figura 1.3 muestra la disminución del peso del BIW (*Body in White*, Armazón estructural) –este concepto se verá en mayor detalle más adelante- a lo largo de los años, gracias a la utilización de Aceros Avanzados de Alta Resistencia (*Advanced High Strength Steels*, AHSS en adelante) en el marco de los proyectos ULSAB (*Ultra Light Steel Auto Body*, Aceros Ultra Livianos para la carrocería) y ULSAB AVC (*Ultra Light Steel Auto Body Advanced Concept*, Concepto Avanzado de Aceros Ultra Livianos para la Carrocería). Cabe mencionar que en el periodo de tiempo considerado, la normativa en cuanto a ensayos de seguridad se ha hecho más rigurosa, y los resultados obtenidos con estas propuestas han ido mejorando a lo largo del tiempo.

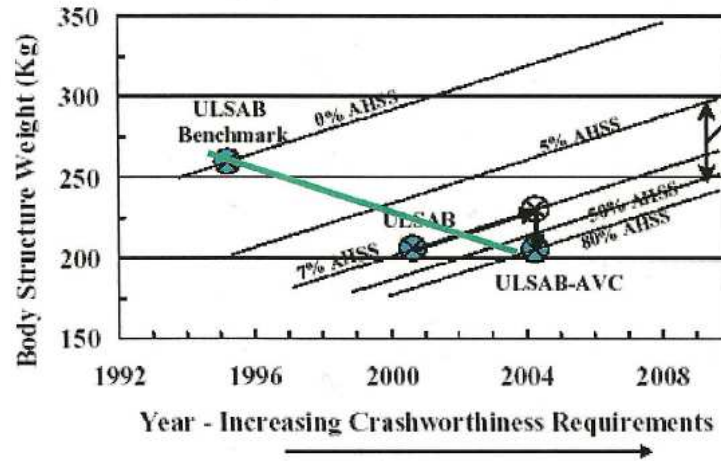


Figura 1.3. Impacto de los AHSS en la reducción de peso del BIW
Fuente: Actis, F.; Reporte interno; TerniumSiderar; 2007

2 MARCO TEÓRICO

2.1 PROCESOS DE RECUBRIMIENTO

En esta sección, se describirán los procesos de recubrimiento metálico más utilizados para Chapa y Componentes Galvanizados destinados a la Industria Automotriz:

- Galvanizado/Cincado:
 - Por Inmersión en Caliente
 - Utilizando Zn sin alear (*pure zinc*)
 - Utilizando Zn-Al (*alcalum*)
 - Recocido de Galvanizado (*Galvannealing*)
 - Electrocincado

Adicionalmente, se comentará sobre procesos de Aplicación de Pinturas (lógicamente, con foco en la Industria Automotriz):

- Pintado Electrostático con pinturas pulverizadas (*Electrostatic Spraying*)
- Pintado por Electroforesis por Inmersión (*Electrophoresis Painting*):
 - Cataforesis
 - Anaforesis

Resulta necesario mencionar cuáles son los aspectos críticos de la chapa destinada a la Industria Automotriz (Figura 2.1.1)⁵, con el objeto de justificar los tipos de acero y recubrimientos empleados:

⁵ Horvath, C.; Material Challenges Facing the Automotive and Steel Industries from Globalization; 2007

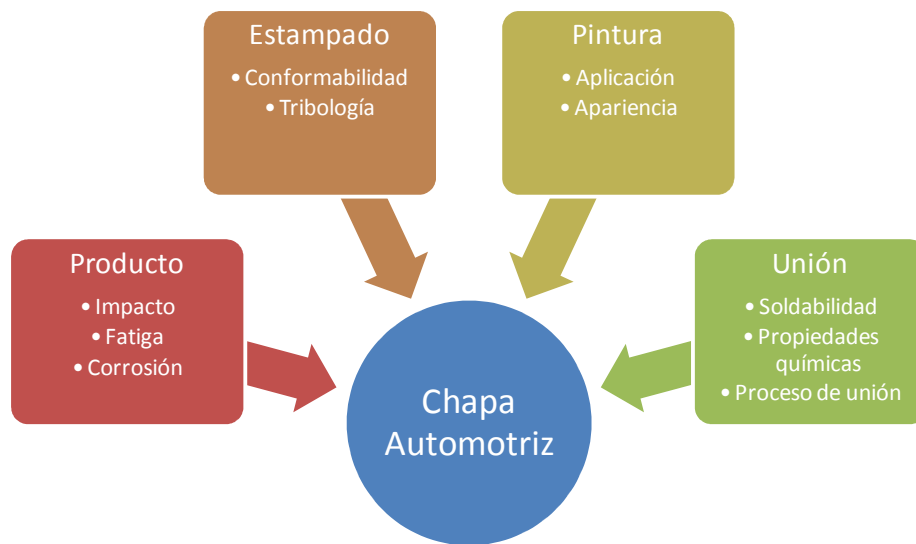


Figura 2.1.1. Aspectos críticos de la chapa destinada a la Industria Automotriz
Fuente: C. D. Horvath; "Material Challenges Facing the Automotive and Steel Industries from Globalization"; 2007

Resulta natural considerar que los **productos** de chapa destinados a la Industria Automotriz deben presentar adecuadas propiedades en cuanto a *corrosión* (tema central de este apartado), *fatiga* (muchos de estos componentes se ven sometidos a cargas cíclicas, lo cual hace necesaria su consideración en la etapa de diseño y selección de materiales) e *impacto* (como se verá más adelante en el apartado que trata sobre Seguridad (2.2)).

Tres procesos de manufactura esenciales para la producción de un vehículo son el **estampado**, el **pintado** y los **procesos de unión o soldadura**.

En lo referente al primero, cabe destacar que los distintos grados de acero, en función de su composición y diversos tratamientos térmicos, físicos y mecánicos, se comportan de maneras muy disímiles al momento de ser sometidos a procesos de *conformado*. En cuanto a la *Tribología*, se puede mencionar que es la ciencia que estudia los fenómenos de fricción, desgaste y lubricación que participan durante el contacto de superficies sólidas en movimiento relativo; todos estos aspectos resultan claves al estudiar el proceso de estampado, en vistas de lograr una adecuada conformabilidad de la chapa, disminuir el consumo energético y reducir el desgaste de la matricería, aumentando consecuentemente la productividad. Atributos tales como lubricación y rugosidad de la chapa son tenidos en cuenta para mejorar la conformabilidad de la pieza.

La *aplicación* de los distintos procesos de pintado contribuye a la resistencia contra la corrosión y su correcta aplicación es crítica, en lo que a *apariencia* se

refiere, principalmente para las partes expuestas, para las cuales las terminales automotrices especifican determinados niveles de rugosidad.

Por último, cabe mencionar que el *Body in White* (BIW, en adelante) se compone de piezas de acero *soldadas* entre sí, con lo cual resulta clave considerar las *propiedades* resultantes tras el *proceso de unión* para poder asegurar la integridad estructural del componente.

En la Figura 2.1.2, se pueden observar los procesos de recubrimiento más utilizados en cada región⁶ (GI: Galvanizado por Inmersión en Caliente, GA: Recocido de Galvanizado, ELZ: Electrocincado).

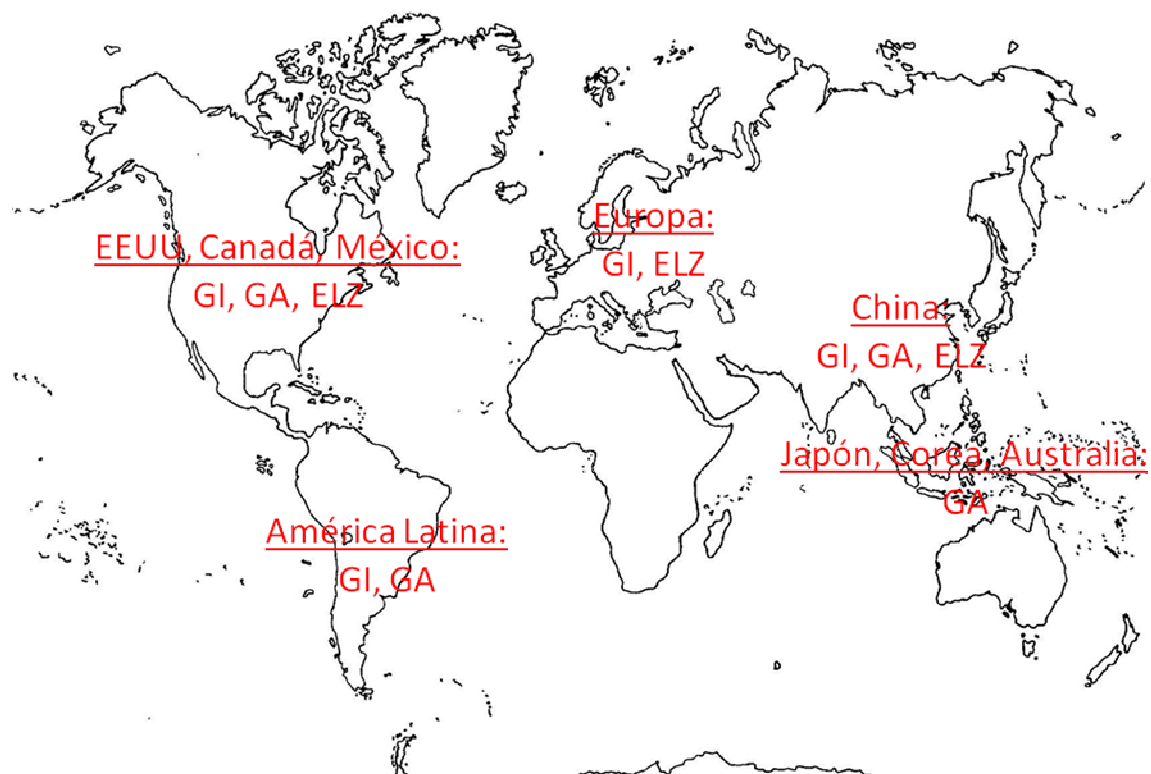


Figura 2.1.2. Procesos de Recubrimiento más utilizados por región
Fuente: C. D. Horvath; "Material Challenges Facing the Automotive and Steel Industries from Globalization"; 2007

⁶ Horvath, C.; Material Challenges Facing the Automotive and Steel Industries from Globalization; 2007

2.1.1 Cincado por Inmersión en Caliente⁷

Tras haber sido recocidos, los productos planos que necesitan estar protegidos contra la corrosión son “recubiertos”. Ejemplos típicos del proceso de “cincado por inmersión en caliente” (*Hot Dipping*) son las piezas galvanizadas para automóviles, materiales metálicos para la construcción y electrodomésticos. Para maximizar la productividad, es práctica común aplicar el recubrimiento a láminas continuas (bobinas), en vez de aplicarlo a láminas ya cortadas.

Los procesos para aplicar el recubrimiento se dividen en “cincado por inmersión en caliente” (*Hot Dipping*) y “electrodeposición” (*Electroplating*). El primero es utilizado para aplicar capas gruesas de recubrimiento; mientras que el último, para capas más finas. La Figura 2.1.1.1 esquematiza una línea de cincado por inmersión en caliente⁸.

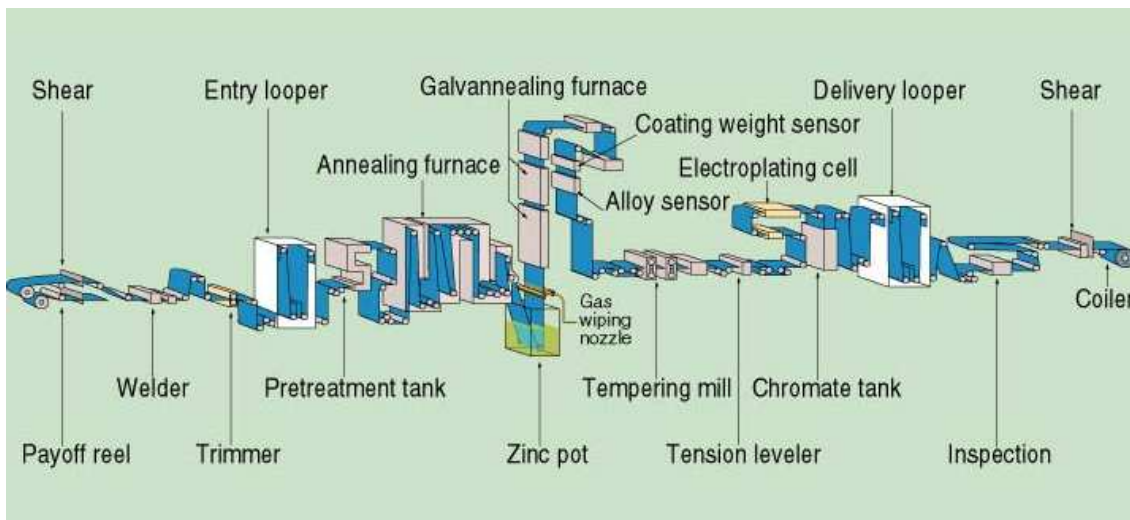


Figura 2.1.1.1. Esquema de una línea continua de cincado por inmersión en caliente
Fuente: Yamato, K.; No. 138-139th; Nishiyama Memorial Seminar; ISIJ; 1991

Luego de pasar por los tanques de pre-tratamiento para remover la grasa, decapado y limpieza, la pieza pasa por el horno de recocido y una batea que contiene el cinc fundido. El horno de recocido se utiliza para aplicar el ciclo térmico necesario para obtener las propiedades mecánicas requeridas y “activar” la superficie con un gas reductor, lo cual facilita el recubrimiento con cinc de la superficie de la pieza.

⁷ Kawasaki Steel 21st Century Foundation; 2003

⁸ Yamato, K.; Nishiyama Memorial Seminar; ISIJ; 1991

El espesor del recubrimiento es controlado mediante una corriente de gas (de purga) insuflado en ambas superficies, a través de una tobera ubicada por encima de la batea. Esta técnica se utiliza para quitar posibles excesos de cinc fundido.

La sección transversal de una pieza galvanizada se compone del sustrato de acero, capas de aleación de hierro-cinc, y una capa de cinc. Dado que la adhesión de la pintura y la soldabilidad de la superficie de esta capa de cinc no son necesariamente buenas, se ha desarrollado el proceso de “recocido de galvanizado” (*Galvannealing*) para mejorar dichas propiedades. En el proceso de recocido de galvanizado, la pieza recubierta de cinc sale de la batea y es calentada en un horno de recocido, formando una capa de aleación hierro-cinc por la interdifusión del hierro y el cinc en dicha capa, de tal forma que la superficie de la capa externa de cinc también contiene alguna cantidad de hierro. Una línea de recocido de galvanizado, suele contar con rodillos laminadores superficiales (*skin pass mills*), un nivelador de tensiones, y equipos para realizar tratamientos químicos de cromatizado, a continuación del horno de recocido.

Ejemplos típicos de productos obtenidos de una línea de “cincado por inmersión en caliente” (*Hot Dipping*) son láminas galvanizadas y láminas recubiertas con aleación de cinc y aluminio (cincalum) para materiales de la construcción, y láminas galvanizadas y chapas galvanizadas y recocidas para la industria automotriz. Como productos especiales se puede mencionar las láminas recubiertas con aluminio para silenciadores de automóviles y láminas recubiertas con una aleación de plomo conteniendo 10-20% de estaño y 1,5-2% de antimonio (chapa “terne”) para tanques de combustibles.

2.1.2 Electrocincado⁹

Aplicando una corriente eléctrica a una pieza de acero utilizada como cátodo inmersa en una solución electrolítica que contenga iones metálicos de cinc, se logra que estos últimos pierdan su carga eléctrica al combinarse con los electrones por lo que se depositan sobre la superficie catódica como átomos metálicos.

Una línea de electrocincado continuo se compone de equipos de pre-tratamiento, de recubrimiento y de post-tratamiento. Las características del equipamiento para pre y post-tratamiento son casi idénticas a las correspondientes al proceso de “cincado por inmersión en caliente” (*Hot Dipping*), comentado con anterioridad.

Para garantizar que el recubrimiento sea uniforme y eficiente, es de vital importancia que el medio de electrodeposición alcance toda la superficie de la

⁹ Kawasaki Steel 21st Century Foundation; 2003

pieza a alta velocidad y de manera uniforme. A medida que avanza el proceso de electrocincado, los iones metálicos se agotan en el medio de electrodeposición. Por ello, el reabastecimiento rápido de estos iones metálicos perdidos es esencial para lograr un electrocincado uniforme y de alta eficiencia. También es necesario minimizar la distancia entre la pieza y el ánodo con el objeto de reducir la resistencia eléctrica y por lo tanto el consumo de energía eléctrica. Por ello, se han desarrollados distintas configuraciones de celdas de electrocincado¹⁰ (Horizontal, Radial y Vertical), tal y como se observa en la Figura 2.1.4. Para aumentar la productividad del proceso, se suele colocar en serie varias celdas.

Existen dos tipos de electrocincado, a saber:

- Electrocincado utilizando cinc puro
- Electrocincado utilizando aleaciones (cinc-hierro y cinc-níquel, por ejemplo)

Ambos procesos se emplean para producir chapas para la industria automotriz, electrodomésticos y materiales de construcción.

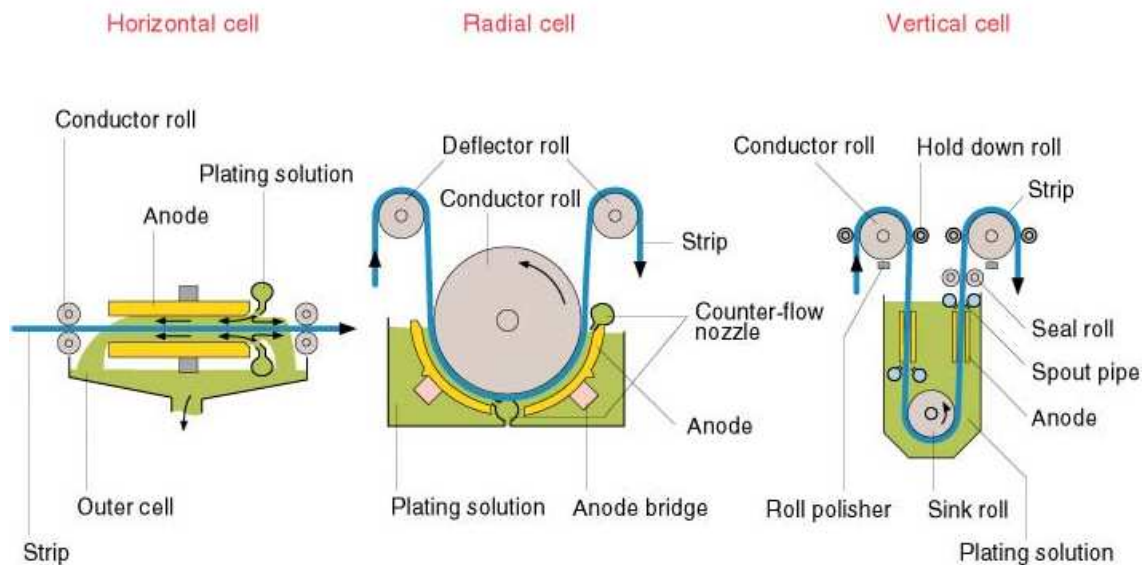


Figura 2.1.2.1. Esquema básico de distintas celdas de electrocincado
Fuente: Ichida, T.; No. 106-107th; Nishiyama Memorial Seminar; ISIJ; 1985

¹⁰ Ichida, T.; Nishiyama Memorial Seminar; ISIJ; 1985

2.1.3 Pintado por Electroforesis por Inmersión (Cataforesis)¹¹

El proceso de Electroforesis o Pintado por Electroforesis por Inmersión es un proceso de recubrimiento que se lleva a cabo utilizando ánodos y cátodos en un tanque de pintura. Hay dos tipos de procesos electroforéticos: anaforesis y cataforesis. En el primero, las piezas serán el ánodo; mientras que en el segundo, las piezas serán el cátodo. En el proceso de pintado por electroforesis, en el ánodo se produce la evolución de oxígeno O_2 , mientras que en el cátodo se desprenderá hidrógeno H_2 . Mediante este proceso se produce una cobertura de óxido anódico y el pre-tratamiento de conversión (película de cromato) se destruye. El anodizado es útil como pre-tratamiento de este tipo. El espesor de la cobertura anódica de óxido es usualmente entre 3 y 8 μm .

Las piezas pueden ser pre-tratadas mediante un desengrasado o desoxidación convencional; y cromatizado amarillo (o fosfatizado de zinc) como las principales etapas previas al pintado cataforético. El anodizado no es conveniente como un pre-tratamiento al pintado cataforético debido a la evolución de gas de hidrógeno H_2 sobre la superficie de la pieza, lo cual puede dar lugar al desprendimiento de la película de óxido.

Antes de comenzar el pintado por electroforesis de las piezas, estas últimas deben enjuagarse eficientemente con agua deionizada.

La pintura es continuamente recirculada para evitar la sedimentación de las partículas sólidas de la misma. Además, debe extraerse el calor generado en el proceso de bombeo, así como el debido al Efecto Joule por la circulación de corriente eléctrica, para así lograr mantener la temperatura deseada. Normalmente, se aplican espesores de recubrimiento en seco del orden de 20 μm , aplicando una tensión de 150-200V durante un tiempo que oscila entre 1 y 2 minutos. Después de la aplicación de la pintura, las piezas se lavan antes de estibarlas de manera convencional a una temperatura de 180-200°C durante unos 20-30 minutos.

El proceso de Electroforesis es particularmente adecuado para grandes volúmenes de productos revestidos con el mismo color.

Este proceso no sólo permite que todas las superficies de la pieza a tratar queden recubiertas en forma uniforme, sino también las cavidades y las aberturas capilares con solapamientos. De esta manera, esta forma de aplicar la pintura ofrece una excelente protección contra la corrosión.

¹¹ Aluminium Danmark: URL: www.alu.dk

Los resultados obtenidos en los ensayos de niebla salina y exposición al medio ambiente realizados en la cámara de pruebas, arrojan mejores resultados para la técnica arriba descrita con respecto a la pintura convencional. Las principales ventajas radican en la protección contra la exposición al medio ambiente, en el menor consumo de laca/pintura, en la reproducibilidad, y por último en una relación precio-performance favorable.

2.1.4 Pintado Electrostático con Pinturas Pulverizadas (*Electrostatic Spraying*)¹²

El proceso de Pintado Electrostático con Pinturas Pulverizadas (*Electrostatic Spraying*) es un tipo especial de *Spray Painting*. Uno de los mayores inconvenientes de este último proceso es el desperdicio debido a la pulverización excesiva. En una planta automática éste puede ser del orden de 40-50%, dependiendo de la forma y el espaciamiento de las piezas. Un método que permite evitar el rociado excesivo es pasar partículas de pintura atomizada a través de un campo electroestático de alta tensión. En la zona en que este campo está aplicado, las partículas se cargan positivamente y son atraídas por las piezas que funcionan como cátodos y son puestas a tierra mediante la cinta transportadora. En este proceso la presión de pulverización es más baja que en el Pintado por Pulverización clásico (*Spray Painting*) y el objetivo es producir una "niebla" en torno a las piezas para ser revestidas uniformemente.

Para obtener el mejor recubrimiento utilizando pinturas electrostáticas, es importante lograr que la resistencia eléctrica de la pintura sea la correcta; y, con el fin de maximizar la durabilidad, normalmente se ajusta la concentración del solvente.

¹² Aluminium Danmark: URL: www.alu.dk

2.2 SEGURIDAD

En este apartado se presentará un programa que se está llevando a cabo en la Comunidad Europea cuyo objetivo es calificar la performance de vehículos en materia de Seguridad e informar consecuentemente los resultados. Para ello, se describirán los índices y ensayos utilizados.

A título informativo, otros organismos que cumplen funciones similares son:

- En Estados Unidos: Safercar
- En Argentina: CESVI

2.2.1 Euro NCAP

El *European New Car Assessment Programme*¹³ (“Programa Europeo de Evaluación de Automóviles Nuevos”, Euro NCAP en adelante) brinda información tanto a conductores de automóviles como a las terminales automotrices sobre ensayos realizados en forma independiente y de carácter realista acerca de la performance de algunos de los autos más vendidos en Europa en cuanto a Seguridad.

2.2.2 Índices del Euro NCAP

Para automóviles ensayados antes de 2009, el Euro NCAP publicó tres índices independientes, a saber:

- Protección de los Adultos Ocupantes
- Protección de los Niños Ocupantes
- Protección de los Peatones

Los puntajes para los dos primeros se componen a partir de los resultados de tres pruebas de Impacto: Frontal, Lateral y Lateral Contra un Poste. Asimismo, el Euro NCAP lleva a cabo pruebas para determinar el grado de Protección de los Peatones. Como se verá más adelante, las tres pruebas antemencionadas cubren la mayoría de los accidentes que conllevan lesiones graves o fatales. Además, el Euro NCAP asigna un puntaje extra en el índice de Protección a los Adultos Ocupantes a aquellos vehículos que posean alarma de cinturón de seguridad.

¹³ www.euroncap.com

Dada la independencia de los índices, para vehículos ensayados antes de 2009, se recomienda considerar los 3 índices por separado.

A partir de 2009, el Euro NCAP optó por publicar un único índice general (representado por un cierto número de estrellas) para cada automóvil ensayado. La calificación máxima es de cinco estrellas. Esta nueva calificación, se compone de los resultados obtenidos en las siguientes cuatro pruebas, las cuales se encuentran detalladas en el **Anexo I**:

- Protección de los Adultos Ocupantes
- Protección de los Niños Ocupantes
- Protección de los Peatones
- Asistencia a la Seguridad

El índice general se calcula ponderando los resultados de estos cuatro ensayos uno respecto del otro; pero siempre teniendo en cuenta que ninguno sea deficiente. Los procedimientos son los mismos que los empleados antes de 2009 (y que se detallan en los Anexos I y II), con la incorporación de una prueba para medir el grado de Protección al Latigazo Cervical (*Whiplash*) en un ensayo de Impacto Trasero. En forma similar a la adoptada hasta el 2009, el Euro NCAP asigna puntaje extra no sólo a las alarmas de cinturón de seguridad, sino también a los limitadores de velocidad y los sistemas electrónicos de control de estabilidad. A continuación, se muestra una tabla resumen de las calificaciones obtenidas en los ensayos de interés para los modelos analizados:

Modelo	Clasificación EuroNCAP		
	Adulto 	Niños 	Peatones 
Pequeño EU	5/5	4/5	1/4
Pick-up	n/e	n/e	n/e
Mediano USA	5/5	4/5	2/4
Mediano EU	5/5	4/5	3/4

n/e: Vehículo no ensayado al momento de la realización del Proyecto Final

Nota: Valores expresado por ensayo individual

Tabla 2.2.2.1
Calificaciones obtenidas para los distintos modelos evaluados

2.2.3 Ensayos Realizados por el Euro NCAP

En el proceso de decisión de compra, la seguridad es un elemento clave para los potenciales compradores.

Resulta esencial, pues, que los consumidores puedan acceder a información confiable y precisa que les permita comparar el desempeño en materia de seguridad de los distintos modelos de automóviles disponibles.

Como se verá más adelante cuando se profundice el tema de tendencias en Seguridad, todos los nuevos modelos de automóviles deben superar un número de pruebas referentes a Seguridad, previo a dar comienzo a su comercialización. Esta Ley es del tipo Presupuestos Mínimos; por ello, el objetivo del Euro NCAP es alentar a los fabricantes a superar estos requisitos mínimos.

Los ensayos realizados en el marco del Euro NCAP son:

- Impacto Frontal
- Impacto Lateral
- Protección de los Niños Ocupantes
- Protección de los Peatones
- Impacto Lateral contra un Poste
- Latigazo Cervical
- Control Electrónico de Estabilidad
- Alarma de Cinturón de Seguridad
- Dispositivos de Limitación de Velocidad

En el **Anexo II** se encuentra la descripción de los cuatro primeros, dado que son los que resultan de mayor interés para detectar oportunidades de mejora dentro del marco del presente Proyecto Final.

2.3 CAMBIO CLIMÁTICO¹⁴

El objetivo de esta sección es que el lector se familiarice con algunos de los efectos que ha tenido sobre el planeta la excesiva emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI, en adelante). Por ello, primeramente se harán unos comentarios sobre el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, en adelante) cuya misión es recabar información sobre el Medio Ambiente y generar estrategias para mitigar los efectos del Cambio Climático. En segundo lugar, se hará una breve reseña sobre las principales conclusiones expresadas en el Informe de Síntesis sobre Cambio Climático 2007 realizado por el IPCC, publicado en el año 2008.

2.3.1 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

En 1988, la Organización Meteorológica Mundial (OMM, en adelante) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, en adelante), decidieron crear el IPCC, con el objetivo de recabar y analizar información científica para poder abordar el problema del Cambio Climático, midiendo sus consecuencias tanto medioambientales como socioeconómicas, y formulando estrategias realistas para mitigar estos efectos adversos.

Es así que el IPCC, a través de sus evaluaciones, se ha convertido en una herramienta fundamental para los gobiernos en materia de evaluaciones y decisiones sobre aplicación de políticas en respuesta al Cambio Climático. Estas evaluaciones resultan particularmente útiles para los gobiernos en concepto de asesoramiento independiente para la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), creada en 1992, y de su conocido Protocolo de Kyoto de 1997.

2.3.2 Informe de Síntesis sobre Cambio Climático 2007

El Informe ofrece una síntesis que trata aspectos de interés para los responsables de políticas relacionadas con el Cambio Climático: afirma que este último es una realidad, principalmente motivado por las actividades humanas; da ejemplos de los impactos del calentamiento a nivel mundial, y evalúa el potencial de adaptación de la sociedad para reducir su vulnerabilidad; finalmente, presenta un análisis de los costos, políticas y tecnologías en vistas de mitigar los efectos de los cambios futuros.

En la sección “Cambios observados en el clima, y sus efectos”, el informe sostiene que “el calentamiento del sistema climático es inequívoco”. Sustenta sus

¹⁴ IPCC; Informe de Síntesis sobre Cambio Climático 2007; 2008

observaciones en las evidencias recabadas sobre los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado con disminución en las extensiones de hielo y nieve en los glaciares continentales, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar. Ello puede apreciarse en la Figura 2.3.2.1.

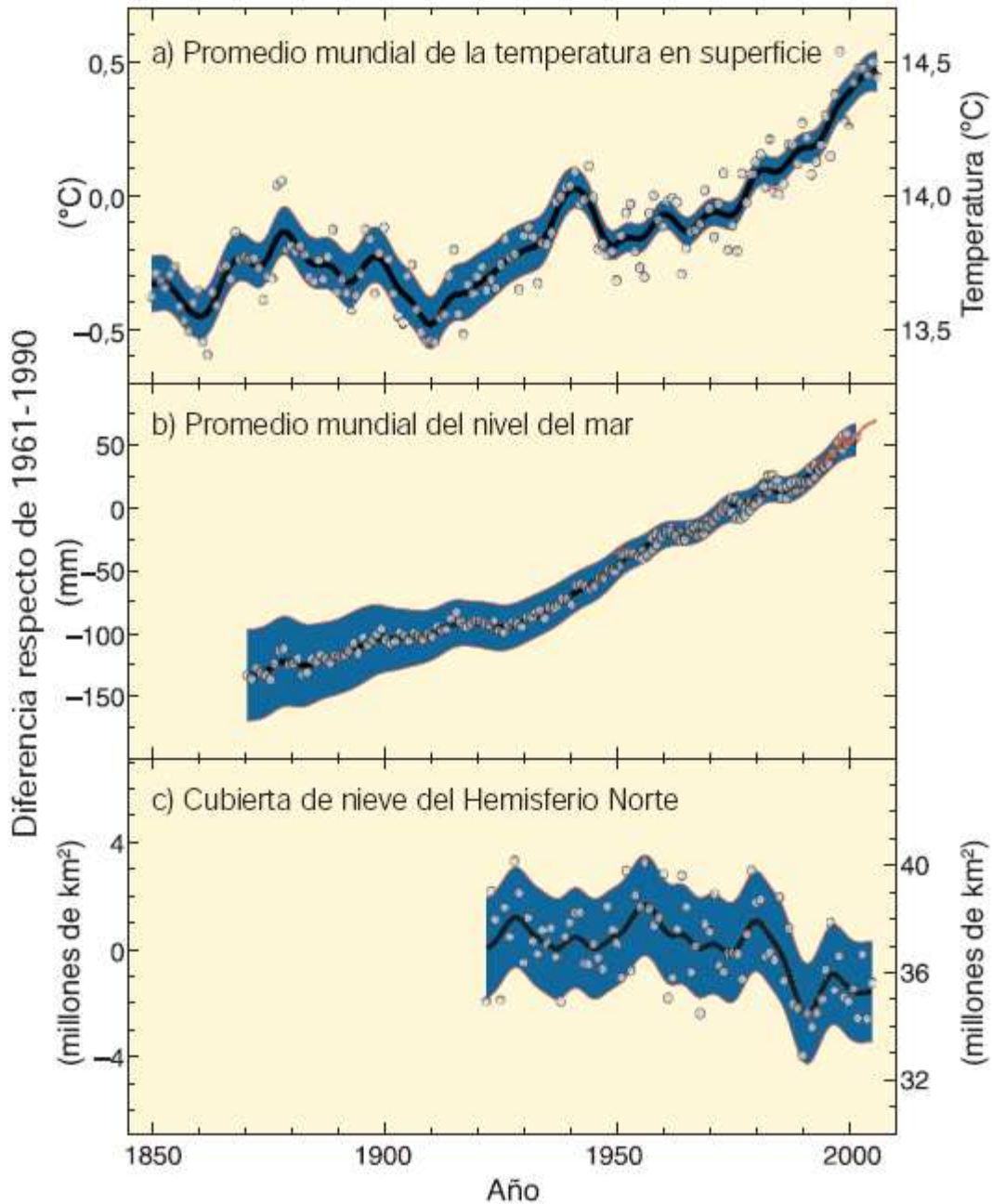


Figura 2.3.2.1

- a) Promedio mundial de la temperatura en superficie
- b) Promedio mundial del nivel del mar
- c) Cubierta de nieve del Hemisferio Norte

Fuente: Informe de Síntesis sobre Cambio Climático 2007; 2008

De los doce años comprendidos entre 1995 y 2006 (vale recordar que este Informe fue publicado en 2007), once figuran entre los doce más cálidos en los registros instrumentales de la temperatura de la superficie mundial (desde 1850).

El aumento de nivel del mar concuerda con este calentamiento y se estima que es debido a la dilatación térmica y el deshielo de los glaciares, de los casquetes de hielo y de los mantos de hielo polares. Además, la disminución observada de las extensiones de nieve y de hielo concuerda también con el calentamiento.

Un dato alarmante es que, en promedio, las temperaturas en el Hemisferio Norte durante la segunda mitad del siglo XX fueron muy probablemente superiores a las de cualquier otro período de 50 años de los últimos 500 años, y probablemente las más altas a lo largo de, como mínimo, los últimos 1300 años.

A continuación, se presentan, textualmente según el informe analizado, algunas consecuencias del aumento sostenido de la temperatura:

- La gestión agrícola y forestal en latitudes superiores del Hemisferio Norte, por ejemplo en una plantación más temprana de los cultivos en primavera, y en alteraciones de los regímenes de perturbación de los bosques por efecto de incendios y plagas;
- Ciertos aspectos de la salud humana, como la mortalidad a causa del calor en Europa, o una alteración de los vectores de enfermedades infecciosas en ciertas áreas, o de los pólenes alergénicos en latitudes altas y medias del Hemisferio Norte;
- Ciertas actividades humanas en la región ártica (por ejemplo, la caza, o los viajes a través de nieve o hielo) y en áreas alpinas de menor elevación (por ejemplo, los deportes de montaña).

Dentro de las principales causas del Cambio Climático, el informe menciona las siguientes: la variación de las concentraciones de GEI y aerosoles en la atmósfera, y las variaciones de la cubierta terrestre y de la radiación solar.

Las emisiones mundiales de GEI por efecto de actividades humanas (emisiones antropógenas) han aumentado, desde la era preindustrial, en un 70% entre 1970 y 2004, tal y como se puede apreciar en la Figura 2.3.2.2.

El CO₂ es el GEI antropógeno más importante (tal es así que las emisiones de los otros GEI, a través de conversiones, se contabilizan en “kg de CO₂ equivalentes”). Según estudios, las emisiones anuales de CO₂ aumentaron en torno a un 80% entre 1970 y 2004. La disminución a largo plazo de las emisiones de CO₂ por unidad de energía suministrada invirtió su tendencia a partir del año 2000.

Los aumentos de la concentración mundial de CO₂ se deben principalmente a la utilización de combustibles de origen fósil y, en una parte apreciable pero menor, a los cambios en la explotación de la tierra. Es muy probable que el aumento

observado de la concentración de CH₄ (metano) se deba predominantemente a la agricultura y a la utilización de combustibles de origen fósil.

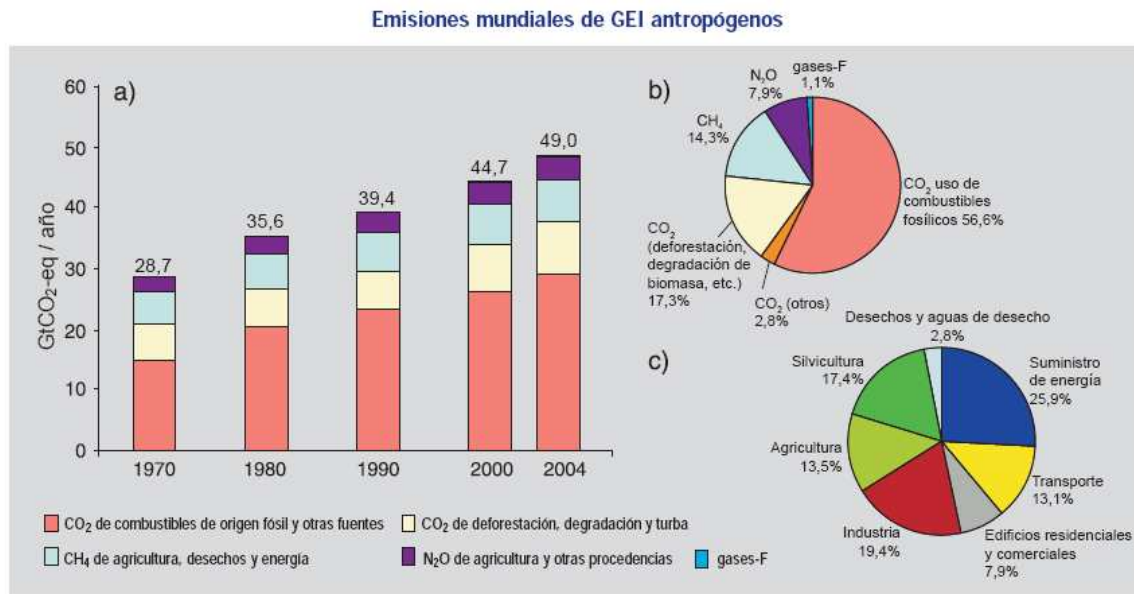


Figura 2.3.2.2

- a) Emisiones anuales mundiales de GEI antropógenos (1970-2004)
 b) Porcentaje que representan distintos GEI antropógenos en toneladas de CO₂ equiv (2004)
 c) Porcentaje que representan distintos sectores en las emisiones totales de GEI antropógenos en toneladas de CO₂ equiv (2004)

Fuente: Informe de Síntesis sobre Cambio Climático 2007; 2008

3 RELEVAMIENTO

Las principales oportunidades para lograr la reducción de peso y la aplicación de nuevos materiales, se concentran en dos elementos, el *Body in White* (BIW, en adelante) y las partes móviles o *Closures*.

Según un informe de la *Society of Motor Manufacturers and Traders Limited* (Sociedad de los Fabricantes y Comerciantes de la Industria Automotriz, SMMT en adelante), el BIW estructural representa un 20% del peso total del vehículo. Las partes móviles (puertas, capó y baúl), chasis y transmisión, junto con el BIW, contribuyen a que el peso de acero no supere el 60% del peso total. A través de otra fuente, el *International Iron and Steel Institute* (Instituto Internacional del Hierro y el Acero, IISI en adelante), se corroboró el dato antemencionado, mediante un informe¹⁵ que concluyó que un 55-60% de la masa de un automóvil es acero.

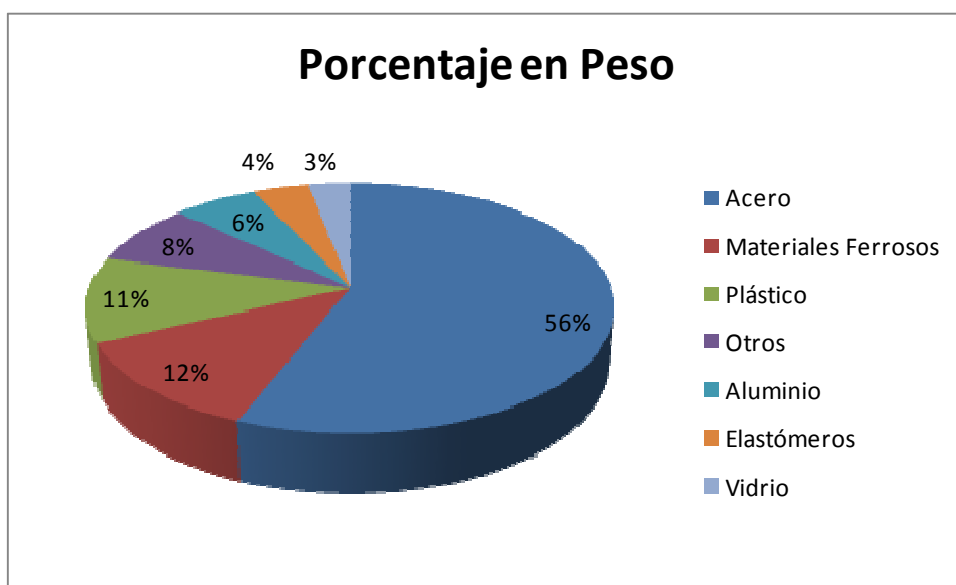


Figura 3.1. Porcentaje en peso de los materiales componentes de un automóvil
Fuente: SMMT 2001 Report; 2001

Como se puede observar en la Figura 3.1, un automóvil se compone de distintos tipos de materiales. La estructura principal, el BIW, suele fabricarse a partir de chapa de acero soldada, para dotar de rigidez estructural al marco. Este método es el más utilizado alrededor del mundo (99,9% de los automóviles producidos mundialmente responden a este método). Alrededor de un 0,1% se construyen

¹⁵ IISI; New Steels are Key Enablers of Tomorrow's Safe, Affordable, Fuel Efficient Vehicles; 2002

con BIW de aluminio, mientras que menos del 0,01% se fabrican a partir de materiales compuestos con fibra de carbono.¹⁶

Por ello, se decidió focalizar el estudio en los siguientes dos sub-sistemas:

- a) El **BIW** se refiere a todos los componentes metálicos que se sueldan para obtener la estructura básica del vehículo. Además de dotar de rigidez estructural al conjunto, sobre él se montan, entre otras cosas, el motor, el chasis, paneles exteriores.
- b) Las **partes móviles** comprenden todos los componentes (tanto internos como externos) de las puertas, el capó y el baúl.

A continuación se adjuntan distintas imágenes esquemáticas del BIW y partes móviles:

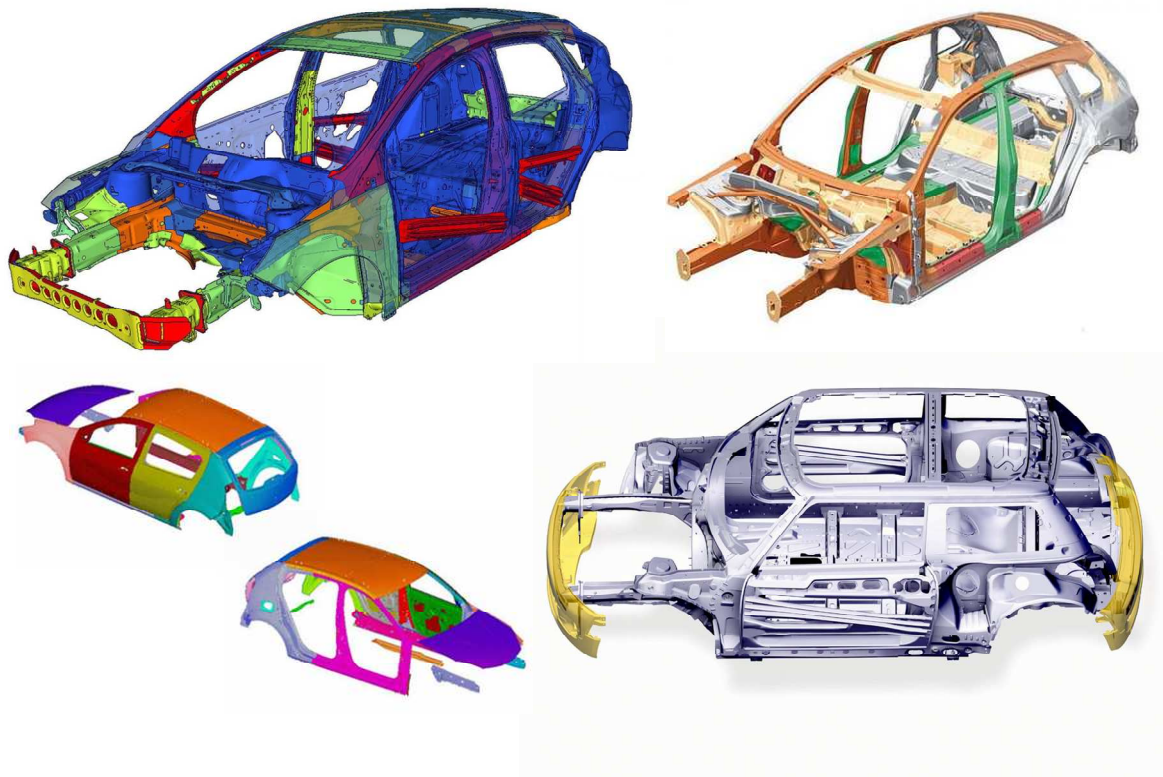


Figura 3.2. Esquemas de BIW y partes móviles

Se relevó la información correspondiente a 4 plataformas de producción local para el mercado nacional, regional y mundial: 1 automóvil pequeño, 2 automóviles medianos y 1 pick-up. En total, se relevó la información correspondiente a 561 componentes.

¹⁶ Corus Automotive; Pocket Book of Steel; 2007

Los datos utilizados para generar el despiece virtual de las distintas plataformas, fueron requeridos por las distintas Terminales Automotrices a través de consultas técnicas realizadas a la empresa proveedora de aceros, con motivo de diagnosticar la factibilidad del abastecimiento de los formatos y calidades de chapa solicitados. Por razones de confidencialidad, no se hará mención a los nombres comerciales de los modelos relevados, sino que se los nombrará en función del tipo de vehículo:

- Pequeño Europeo (EU)
- Mediano Europeo (EU)
- Mediano Estados Unidos (USA)
- Pick-up

Para el ordenamiento y mejor tratamiento de la información, se confeccionó una planilla con los campos de interés a relevar. A continuación, se muestra, dividida en grupos, dicha tabla.

Terminal	Vehículo	Modelo (4DR, 5DR, 4/5DR, SC, DC, SC/DC)	Descripción	Dimensiones [mm]			Peso [kg]	Superficie		Grupo Funcional
				Espesor	Ancho	Largo		Expuesta	No Expuesta	

Tabla 3.1. Características Generales

Calidad Solicitada	Recubrimiento Solicitado	Clasificación por Tipo de Acero
--------------------	--------------------------	---------------------------------

Tabla 3.2. Calidad y Recubrimiento

Propiedades Mecánicas										
Espesor mínimo [mm]	Espesor máximo [mm]	Fluencia mínima [MPa]	Fluencia máxima [MPa]	Fluencia deseada [MPa]	Resistencia mínima [MPa]	Resistencia máxima [MPa]	Resistencia deseada [MPa]	Alargamiento mínimo [%]	Alargamiento máximo [%]	Alargamiento deseado [%]

Tabla 3.2 (cont.). Calidad y Recubrimiento

Para obtener las propiedades mecánicas de los distintos componentes (Tabla 3.2 (cont.)), se consultaron normas técnicas para cada fabricante y espesor de chapa. Una vez relevados los datos correspondientes a las plataformas indicadas, se procedió a clasificar las piezas en grupos funcionales. Para su análisis se identificaron 10 grupos, a saber:

- Partes móviles, Interior (*Inner Closures Structure*)
- Partes móviles, Exterior (*Outer Closures Structure*)
- Lateral del BIW, Interior (*Body Side Inner Structure*)
- Lateral del BIW, Exterior (*Body Side Outer Structure*)
- Lateral del BIW, Refuerzos (*Body Side Reinforcement Structure*)
- Parte delantera (*Front End Structure*)
- Parte trasera (*Rear End Structure*)
- Estructura de piso (*Floor Structure*)
- Estructura de techo (*Roof Structure*)
- Estructura de habitáculo (*Body Inner Structure*)

A continuación, se puede observar la composición básica de algunos de los grupos recién mencionados. Cabe destacar que son esquemas orientativos, puesto que existen distintas opciones de diseño para un mismo componente o grupo de componentes.

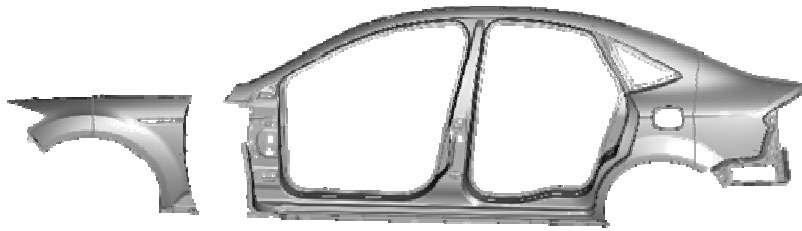


Figura 3.3. Lateral del BIW, Exterior



Figura 3.4. Techo

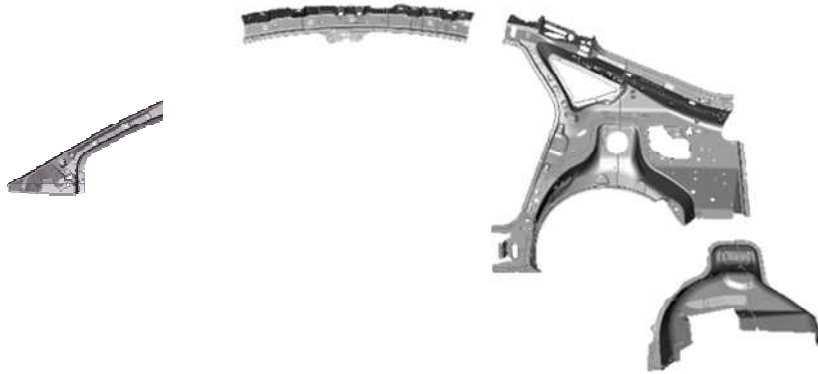


Figura 3.5. Lateral del BIW, Interior

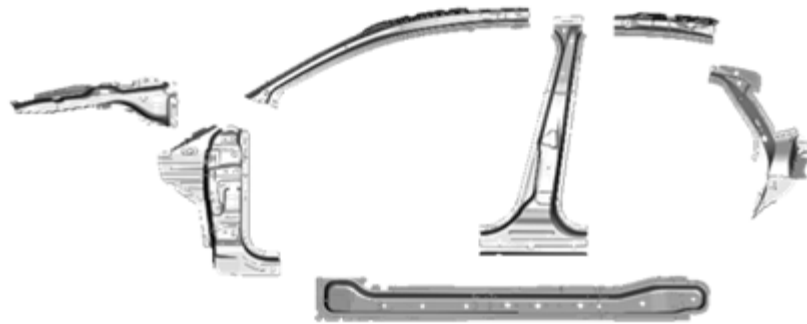


Figura 3.6. Lateral del BIW, Refuerzos

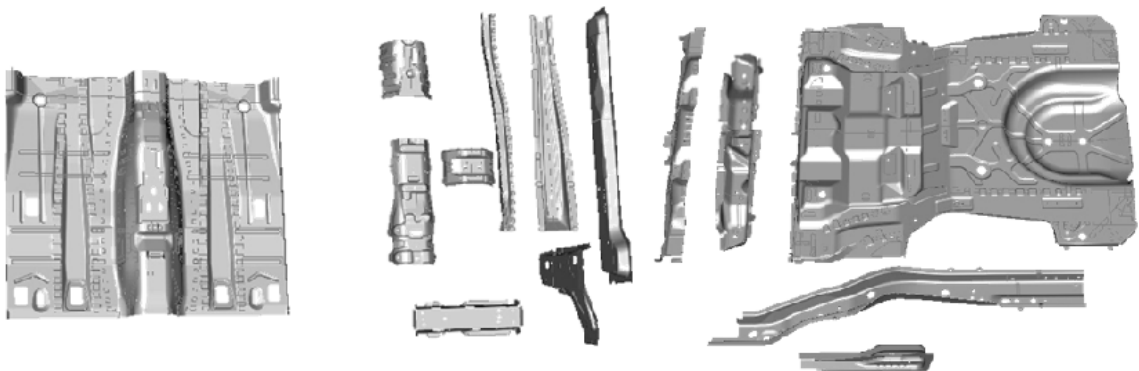


Figura 3.7. Estructura de Piso

Este criterio de clasificación es común a los intereses tanto de la Industria Automotriz como de la Industria Siderúrgica, puesto que permite tener una división clara de los subsistemas que componen cada plataforma bajo estudio. Con ello, se logró generar un despiece virtual que contempla las necesidades funcionales/estructurales, de seguridad y estéticas de las plataformas en estudio,

para poder así estimar su peso y comenzar a evaluar la posibilidad de materiales alternativos.

Análogamente, en función de las normas y especificaciones para el tipo de acero y su respectivo recubrimiento (si lo hubiere), se realizaron las siguientes clasificaciones:

- Para tipo de Acero: Principales propiedades mecánicas de las familias de aceros relevadas (los valores son orientativos)^{17,18}.

Denominación	Inglés	Español	Resistencia [MPa]	Alargamiento [%]
EDDQ	Extra Deep Drawing Quality	Embutible Extra Profundo	120-180	37-43
DDQ	Deep Drawing Quality	Embutible Profundo	140-180	25-38
DQ	Drawing Quality	Embutible	150-220	31-38
DR Refosforado	Dent Resistance Rephosphorized	Acero Resistente a la Indentación Refosforado	210-230	30-34
DR BH	Dent Resistance Bake-Hardened	Acero Resistente a la Indentación Horneado	210-240	38-42
HSLA 250-280	High Strength Low Alloy 250-280	Acero de Alta Resistencia, Baja Aleación 250-280	250-280	25-29
Structural Steel (SS)	Structural Steel	Acero Estructural	250-450	22-27
HSLA 300-380	High Strength Low Alloy 300-380	Acero de Alta Resistencia, Baja Aleación 300-380	300-380	21-24
DP 600-800	Dual Phase 600-800	Acero de Fase Dual 600-800	600-800	8-16
Martensítico	Martensitic	Martensítico	900-1100	5-10

Tabla 3.3
Principales propiedades mecánicas de las familias de aceros relevadas

- Para tipo de Recubrimiento:¹⁹
 - GA: Galvannealing (Recocido de Galvanizado)
 - GI: Hot Dip Galvanizing (Cincado por Inmersión en Caliente)
 - ELZ: Electrocincado
 - LAF: Laminado en Frío

¹⁷ www.steeluniversity.org

¹⁸ www.worldautosteel.org

¹⁹ www.steeluniversity.org

Los primeros tres procesos ya han sido explicados en el Marco Teórico. Por Laminado en Frío se entiende a aquel proceso que permite reducir el espesor de la chapa laminada en caliente hasta espesores entre 0,2–2,2 mm. El tratamiento térmico de Recocido, puede realizarse en forma continua o tipo *batch*.

4 TENDENCIAS

4.1 TENDENCIAS: SEGURIDAD²⁰

En concordancia con el estudio realizado en el Marco Teórico con respecto a “Seguridad”, a continuación se expondrán los hitos que resultan de interés para este Trabajo Final. Para ello, se utilizó el documento *Moving Forward: 2010-2015 Strategic Roadmap*, publicado por el Euro NCAP.

En este documento, se plantean objetivos en el corto, mediano y largo plazo, resultantes de discusiones estratégicas entre los miembros del Programa y representantes de la Industria Automotriz.

A continuación, se muestra una cronología que da cuenta de la evolución de los ensayos realizados por el Euro NCAP hasta el presente:

Año	Hito
1997	Ensayo de Impacto Frontal
	Ensayo de Impacto Lateral
	Protección de los Peatones
2002	Alarma de Cinturón de Seguridad
2003	Protección a los Niños Ocupantes
2008	Latigazo Cervical
2009	Control Electrónico de Estabilidad
	Dispositivos de Limitación de Velocidad
	Esquema Integrado de Calificación

Tabla 4.1.1. Evolución de los ensayos realizados por el Euro NCAP
Fuente: Moving Forward: 2010-2015 Strategic Roadmap, Euro NCAP

Debido a que en el parque automotor europeo existen marcadas diferencias en cuanto al equipamiento que hace a la seguridad para un mismo modelo comercializado en distintos países, el Euro NCAP ha decidido asignar al modelo evaluado la calificación más baja obtenida. Adoptan esta decisión para alentar a los fabricantes a que sus vehículos sean más “homogéneos” y así, más seguros.

Otro factor relevante en cuanto a la comunicación, es que los vehículos tendrán un certificado que acredite su grado de Seguridad, según los protocolos de ensayos y esquema de calificación ya descriptos.

Un punto sobre el cual el Euro NCAP afirma que debe trabajar a futuro, es que el ensayo de Impacto Frontal sólo resulta válido para evaluar un choque entre vehículos de tamaño similar. En ese sentido, sus resultados no son útiles para

²⁰ European New Car Assessment Programme (Euro NCAP); Moving Forward: 2010-2015 Strategic Roadmap; 2009

predecir las consecuencias para los ocupantes en otros escenarios de choque (claramente factibles en la vida real).

El estudio afirma que los más vulnerables en materia de seguridad vial continúan siendo los niños ciclistas y los peatones de mayor edad.

A continuación, se adjunta una tabla que resume los principales objetivos que se planteó el Euro NCAP para el periodo 2010-2015, junto a las estrategias diseñadas para alcanzarlos.

Año	Objetivos		
	Mejorar los procedimientos para evaluar la protección de los ocupantes en choques de autos	Continuar promoviendo mejoras en la seguridad para los grupos más vulnerables (niños, ciclistas y ancianos)	Medir y evaluar las tecnologías para evitar colisiones
2010	Refinar los protocolos para los vehículos de pasajeros con un peso menor a 2,5 toneladas		
2011			Finalizar el protocolo para el ensayo de ESC (Electronic Stability Control)
2012	Actualizar los protocolos para los ensayos de Impacto Frontal y Lateral	Mejorar los protocolos de seguridad para los Niños Ocupantes y los pasajeros Ocupantes en asientos traseros	
2013			Tomar en consideración funciones avanzadas para la seguridad (por ejemplo, tecnologías para evitar colisiones)
2015	Crear criterios para la "compatibilización" de distintos ensayos		

Tabla 4.1.2. Objetivos Euro NCAP 2010-2015

Fuente: Moving Forward: 2010-2015 Strategic Roadmap, Euro NCAP

Queda claro que, –además de tener que contar con dispositivos electrónicos que mejoren la seguridad (tema que no pertenece al foco del presente Trabajo Final)- los vehículos deben ser estructuralmente cada vez más seguros, tanto para los ocupantes como para los peatones. En ese sentido, y, a través de la evaluación de organismos como el Euro NCAP que otorgan una cierta calificación al modelo evaluado, los fabricantes de automóviles deben redoblar los esfuerzos por hacer

vehículos cada vez más seguros. Es por esto último que resultará clave el trabajo conjunto entre las Industrias Automotriz y Siderúrgica para poder desarrollar alternativas en productos de chapa automotriz para satisfacer las necesidades cada vez más exigentes en materia de Seguridad. Esto último sin dejar de tener en consideración, obviamente, aspectos tales como costo, medio ambiente, reciclabilidad (LCA, ver sección 5 *Análisis*) y procesos productivos, entre otros.

Por último, en el *Pocket Book of Steel* (publicado por *Corus Automotive* en 2007) se encontró información complementaria a la expresada en el documento estudiado del Euro NCAP (Tabla 4.1.3). Algunas de las consideraciones adicionales son la creación de especificaciones más exigentes para el ensayo de compresión del techo (el cual, actualmente, no es realizado por el Euro NCAP) y el planteo de un mecanismo de homologación entre distintos ensayos. Un aspecto adicional, es la propuesta de complementar los ensayos físicos realizados, con simuladores computarizados.

2010	Actualización normas 2003/102/EC (Protección al Peatón)
	Especificaciones más altas para ensayo de carga de compresión de Techo
	EuroNCAP comenzará a evaluar sistemas de seguridad activa para evitar colisiones
2011	Publicación de homologación entre distintos ensayos (para Europa)?
2013	Simuladores computarizados como complemento de ensayos?
	Cambios en la Legislación debidos a la Homologación de ensayos?

Tabla 4.1.3. Tendencias en Seguridad
Fuente: Pocket Book of Steel, Corus Automotive, 2007

Por ejemplo, para lograr una mejor performance contra impactos frontales, se pueden aplicar nuevos conceptos en los capós, principalmente en la parte interior (Grupo Funcional: Partes Móviles, Interior). Con el diseño que se muestra en la Figura 4.1.1 será posible tener capós que se deformen de determinada manera frente a un impacto con peatones. De esta forma se los podrá proteger de golpearse con las partes rígidas de los motores, que se ubican debajo del capó.



Figura 4.1.1. Diseño de capó interior
Fuente: Reaching Goals Together; TKS; 2008

4.2 TENDENCIAS: CAMBIO CLIMÁTICO

En esta sección se mostrarán algunos de los puntos más relevantes en cuanto a legislación vigente y futura en materia de emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Como se verá, tal legislación impactará directamente sobre la Industria Automotriz (al fijar niveles máximos admisibles de emisión de GEI) y, consecuentemente, sobre la Industria Siderúrgica.

4.2.1 Marco de la Reglamentación²¹

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático obliga a todos sus integrantes a elaborar y aplicar programas nacionales -y, en el caso de la Unión Europea, regionales-, que contengan medidas para atenuar los efectos del cambio climático. En este contexto, se propuso que la Unión Europea (en adelante, EU) promoviera el objetivo de reducir en un 30% las emisiones de GEI de los países desarrollados para 2020 (respecto de los niveles de 1990). De forma autónoma, la UE tomó el firme compromiso de reducir las emisiones de GEI al menos en un 20% para 2020 respecto de los niveles de 1990, al margen de las reducciones alcanzadas por los países desarrollados.

Con ello, resultó evidente que los países debían reducir considerablemente las emisiones de los vehículos.

A continuación, se presenta una tabla que ofrece una breve cronología de hechos que llevó a la adopción del Reglamento en cuestión.

²¹ CE (Comunidad Europea); REGLAMENTO (CE) No 443/2009; 2009

1995	La Comisión optó por una estrategia para reducir las emisiones de CO ₂ producidas por los automóviles. La misma se basaba en tres pilares, a saber: (a) compromisos voluntarios de la Industria Automotriz para reducir emisiones, (b) una mejor información de los consumidores y (c) la promoción, mediante medidas fiscales, de vehículos que consuman menos combustible.
1998	La Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles (ACEA) se comprometió a reducir las emisiones medias de los vehículos nuevos vendidos a 140 g de CO ₂ /km para 2008
1999	La Asociación Japonesa de Fabricantes de Automóviles (JAMA) y la Asociación Coreana de Fabricantes de Automóviles (KAMA) se comprometieron a reducir el nivel medio de emisiones de los vehículos nuevos vendidos a 140 g de CO ₂ /km para 2009.
2007	La Comisión adoptó dos Comunicaciones paralelas: una sobre los resultados de la revisión de la Estrategia comunitaria para reducir las emisiones de CO ₂ de los automóviles y los vehículos industriales ligeros y otra sobre un marco reglamentario para un sector del automóvil competitivo en el siglo XXI (CARS 21). Las Comunicaciones subrayaron los progresos en la consecución del objetivo de 140 g de CO₂/km para 2008/2009, pero advirtieron de que el objetivo de la CE de 120 g de CO₂/km no se alcanzaría en 2012 sin medidas suplementarias.

Tabla 4.2.1.1. Cronología Reglamento
Fuente: Reglamento N° 443/2009 de la Comunidad Europea

Estos comunicados (a los que se hace mención en la Tabla 4.2.1.1) propusieron un enfoque integrado para conseguir la meta de la UE de 120 g de CO₂/km antes de 2012 y anunciaron que la Comisión iba a proponer un marco legislativo para lograr el objetivo de la UE, centrándose en reducciones obligatorias de las emisiones de CO₂ para conseguir el objetivo de 130 g de CO₂/km respecto a la media del parque de vehículos nuevos mediante mejoras de la tecnología de los motores de los vehículos, por ejemplo. Se realizará una nueva reducción de 10 g de CO₂/km, o equivalente, si resulta necesario desde el punto de vista técnico, mediante otras mejoras tecnológicas y una mayor utilización de los biocarburantes sostenibles.

El marco legislativo –que se expondrá en el apartado 4.2.2- para alcanzar el objetivo relativo a la media del parque de vehículos nuevos debe garantizar que los objetivos de reducción no afecten a la competencia y sean socialmente justos y sostenibles, que tengan en cuenta la diversidad existente entre las distintas terminales automotrices y que se evite toda distorsión injustificada de la

competencia entre ellos. El marco legislativo debe ser compatible con el objetivo general de alcanzar las metas de la CE con arreglo al Protocolo de Kyoto.

Para mantener la diversidad del mercado automovilístico y su capacidad para hacer frente a las diferentes necesidades de los consumidores, los objetivos de CO₂ para los vehículos deben definirse en función de la utilidad de los vehículos sobre una base lineal. La masa (es decir, el peso) constituye un parámetro adecuado para describir esa utilidad que proporciona una correlación con las emisiones actuales y, por tanto, permitiría establecer objetivos más realistas sin afectar a la competencia. Además, se puede acceder fácilmente a los datos sobre la masa.

Uno de los propósitos del presente Reglamento es crear incentivos para que la Industria Automotriz invierta en nuevas tecnologías. Además, promueve activamente la eco-innovación y tiene en cuenta la evolución tecnológica en el futuro.

Resulta conveniente que los fabricantes dispongan de flexibilidad para decidir la manera de cumplir los objetivos que se establecen en el siguiente Reglamento y considerar el promedio de las emisiones respecto a su parque de automóviles nuevos en lugar de tener que cumplir los objetivos de CO₂ con cada uno de los automóviles por separado. Por consiguiente, debe exigirse a los fabricantes que garanticen que la emisión específica media de todos los nuevos automóviles de los que son responsables no supere la media de los objetivos de emisiones de dichos automóviles. Este requisito entrará en vigencia gradualmente entre 2012 y 2015 con objeto de facilitar la transición.

La Directiva 2007/46/CE establece que los fabricantes deben expedir un certificado de conformidad que tiene que acompañar a cada automóvil nuevo, y los países deben permitir la matriculación y puesta en circulación del nuevo vehículo sólo si va acompañado de un certificado de conformidad válido. Los datos recabados por los países deben ser coherentes con el certificado de conformidad expedido por el fabricante para el vehículo y deben basarse sólo en esta referencia. Debe existir una base de datos comunitaria y normalizada para incluir los datos relativos al certificado de conformidad. Esta base de datos debería usarse como única referencia con el fin de permitir a los países un mantenimiento más sencillo de sus datos de matriculación en el caso de los vehículos nuevos.

Los fabricantes cuyas emisiones medias específicas de CO₂ superen las autorizadas por el presente Reglamento N° 443/2009 deben pagar una penalidad por exceso de emisiones respecto a cada año a partir de 2012. Esta penalidad debe modularse en función del grado de incumplimiento de los objetivos por parte de los fabricantes; la misma aumentará con el tiempo. El importe de la penalidad

por exceso de emisiones debe considerarse como un ingreso para el presupuesto de la UE.

4.2.2 Reglamento N° 443/2009

A continuación, se presenta información correspondiente al Reglamento N° 443/2009 de la Comunidad Europea (CE en adelante). El mismo resulta de interés puesto que trata sobre emisiones de CO₂ de los nuevos automóviles. Por ello, y dado que las Normativas locales tienden a seguir a las Europeas y Americanas, se considera que este Reglamento establecerá estándares que han de ser cumplidos también por las Terminales de la región bajo estudio (MERCOSUR).

La información se presentará respetando la estructura de dicho Reglamento.

4.2.2.1 Objeto y Objetivos

Como ya se anticipó, el Reglamento (CE) N° 443/2009 plantea establecer requisitos en cuanto a emisiones de CO₂ de los nuevos automóviles. Su objetivo es garantizar el correcto funcionamiento del mercado interno y conseguir el objetivo global de la CE en materia de emisiones de gases de efecto invernadero; es decir, lograr que las emisiones medias de CO₂ de los vehículos nuevos sean inferiores a 120 g de CO₂/km.

A partir de 2020, el nuevo objetivo aplicable es que dicho valor sea de 95 g de CO₂/km.

4.2.2.2 Ámbito de Aplicación

Principalmente, se aplicará a los vehículos nuevos pertenecientes a la categoría M₁ (Vehículos de ocho plazas como máximo (excluida la del conductor) diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros).²²

4.2.2.3 Objetivos de Emisiones Específicas

Respecto al año 2012 y cada uno de los años subsiguientes, cada fabricante de automóviles deberá garantizar que sus emisiones medias específicas de CO₂ no superen su objetivo de emisiones específicas. Existe un procedimiento dado para determinar dicho objetivo en función de las condiciones del fabricante. La descripción del mismo excede los alcances del Trabajo. Para su determinación, se utilizarán los siguientes porcentajes de automóviles nuevos de cada fabricante matriculados en el año correspondiente:

²² CE; Directiva 2007/46/CE; Anexo II; 2007

- 65 % en 2012,
- 75 % en 2013,
- 80 % en 2014,
- 100 % de 2015 en adelante.

4.2.2.4 Supercréditos

Para el cálculo de las emisiones medias específicas de CO₂, cada automóvil nuevo con emisiones específicas de CO₂ por debajo de 50 g de CO₂/km equivaldrá a:

- 3,5 vehículos en 2012,
- 3,5 vehículos en 2013,
- 2,5 vehículos en 2014,
- 1,5 vehículos en 2015,
- 1 vehículo a partir de 2016.

4.2.2.5 Formación de Agrupaciones

El Reglamento contempla la posibilidad de que los fabricantes formen una agrupación con el objeto de cumplir sus obligaciones de Objetivos de Emisiones Específicas.

4.2.2.6 Seguimiento y Notificación de las Emisiones Medias

El Reglamento establece que a partir de 2010 los Estados miembros de la CE deben registrar la información relativa a cada nuevo automóvil matriculado en su territorio; entre los datos a informar se encuentran los siguientes:

- Emisiones específicas de CO₂ [g/km]
- Masa [kg]
- Distancia entre ejes [mm]
- Anchura de vía [mm]

A través de este Reglamento, los países de la CE se comprometen a garantizar que los organismos responsables de informar operan de forma ética y transparente.

A partir de 2011, los Estados miembros determinarán y transmitirán la información del año anterior correspondiente al seguimiento de las emisiones de CO₂ de los nuevos vehículos.

A continuación, se explicará someramente la metodología y, a través de ella, se justificará el foco del presente Trabajo Final en cuanto a la búsqueda de alternativas para reducir el peso de los futuros vehículos:

1) Los Estados miembros determinarán el número de automóviles nuevos matriculados en su territorio en el año de seguimiento correspondiente (N).

2) Las emisiones medias específicas de CO₂ de todos los vehículos nuevos matriculados en el territorio de un Estado miembro de la CE en el año en estudio (S_{prom}) se define como el cociente entre la suma de las emisiones específicas de CO₂ de cada automóvil nuevo (S) y el número de vehículos nuevos (N). Es decir:

$$S_{prom} = \frac{\sum S}{N} \quad (ec. 4.2.2.6.1)$$

3) La masa media de todos los vehículos nuevos matriculados en el territorio de un Estado miembro en el año de seguimiento (M_{prom}) se calcula dividiendo la suma de las masas de cada automóvil nuevo (M) por el número de vehículos nuevos (N). Luego:

$$M_{prom} = \frac{\sum M}{N} \quad (ec. 4.2.2.6.2)$$

4) La Huella del automóvil se calcula como el producto entre el ancho de la vía y la distancia entre ejes del automóvil.

Comenzando en 2011 la Comisión Evaluadora realizará, para cada fabricante, un cálculo provisional de:

- a) Las emisiones medias específicas de CO₂ correspondientes al año 2010 en la CE.
- b) El objetivo de emisiones específicas del año anterior.
- c) La diferencia entre sus emisiones medias específicas de CO₂ del año anterior y su objetivo de emisiones específicas correspondiente al año corriente.

La Comisión hará saber a cada terminal el cálculo provisional que le corresponda. La notificación incluirá datos por cada Estado miembro sobre el número de

automóviles nuevos matriculados y sus emisiones específicas de CO₂. Este registro estará a disposición del público.

En caso que en función de los cálculos recién comentados, la Comisión considere que las emisiones medias específicas de CO₂ de un fabricante superan en ese año su objetivo de emisiones específicas, informará de ello al fabricante.

4.2.2.7 Penalización por Exceso de Emisiones

A partir de 2012, cada año en el que las emisiones medias específicas de CO₂ de un fabricante superen su objetivo correspondiente a ese año, se impondrá al fabricante (o a su gestor, en caso que se trate de una agrupación), una penalización económica por exceso de emisiones.

Con ello, nuevamente se observa la necesidad de desarrollar vehículos más livianos para cumplir los objetivos de emisiones específicas de CO₂ y así evitar las pérdidas incurridas en concepto de esta penalización.

4.2.2.8 Publicación de los Resultados de los Fabricantes

La Comisión publicará una lista en la que se indicará para cada fabricante la siguiente información:

1. Su objetivo de emisiones específicas del año precedente.
2. Sus emisiones medias específicas de CO₂ del año precedente.
3. La diferencia entre sus emisiones medias específicas de CO₂ del año precedente y su objetivo de emisiones específicas del año en vigencia.
4. Las emisiones medias específicas de CO₂ de todos los vehículos nuevos en la CE respecto al año precedente.
5. La masa media de todos los vehículos nuevos en la CE en el año precedente.

A partir de 2013, la lista publicada indicará también si el fabricante ha cumplido o no los objetivos establecidos. En este sentido se puede ver afectada fuertemente (ya sea en forma positiva o negativa) la imagen del fabricante frente a sus actuales y potenciales clientes.

4.2.2.9 Excepciones para Algunos Fabricantes

El Reglamento contempla que un fabricante podrá presentar una solicitud de excepción respecto al objetivo de emisiones específicas siempre y cuando sea responsable de menos de 10.000 vehículos nuevos matriculados anualmente en la CE.

4.2.2.10 Eco-innovación

El Reglamento establece que se tomará en consideración los ahorros de CO₂ logrados a través del uso de tecnologías innovadoras, previa solicitud por parte de un proveedor o fabricante. La contribución total de esas tecnologías podrá alcanzar una reducción de hasta 7 g CO₂/km con respecto al objetivo de emisiones medias específicas de cada fabricante. Tal consideración se efectuará siempre y cuando:

- a) El proveedor o fabricante pueda cuantificar el ahorro logrado mediante el uso de las tecnologías innovadoras.
- b) Las tecnologías innovadoras realicen una contribución verificada a la reducción de CO₂.

4.2.2.11 Revisión y Presentación de Informes: Tendencias e Hitos

En **2010**, se presentará un informe en el que se analizarán los progresos realizados en la aplicación del enfoque integrado comunitario para reducir las emisiones de CO₂ de los vehículos ligeros.

A más tardar el **31 de octubre de 2014** y posteriormente **cada tres años**, la Comisión adoptará medidas para modificar la cifra de la masa media M₀ – parámetro con el cual se cuantifican los límites de emisiones específicas- de los automóviles nuevos en los tres años anteriores.

Estas medidas surtirán efecto por primera vez el **1 de enero de 2016** y posteriormente **cada tres años**.

A partir de **2012**, se llevará a cabo una evaluación de impacto ambiental con el fin de revisar hasta 2014, los procedimientos para medir las emisiones de CO₂ como estipula el Reglamento CE 715/2007. En particular, la Comisión presentará las propuestas pertinentes para adaptar los procedimientos de forma que reflejen debidamente el comportamiento de los vehículos en materia de emisiones de CO₂ y para incluir las tecnologías innovadoras (mencionadas en Eco-innovación) aprobadas como que puedan reflejarse en el ciclo de ensayos realizados.

A más tardar el 1 de **enero de 2013**, la Comisión completará una revisión de los objetivos específicos de emisiones y de las excepciones a algunos fabricantes, con el fin de definir:

- Las modalidades para lograr, en **2020** como muy tarde, un **objetivo a largo plazo de 95 g CO₂/km de forma rentable**.

- Los aspectos de la aplicación del objetivo, incluida la penalización por exceso de emisiones.

Sobre la base de esta revisión y su evaluación de impacto ambiental, incluida una evaluación general de la repercusión en la Industria Automotriz y también sus industrias dependientes, la Comisión –en caso que lo considere necesario-, elaborará una propuesta para modificar el Reglamento en cuestión, en una forma tan neutral como sea posible desde el punto de vista de la competencia y que sea equitativa y sostenible desde el punto de vista social.

Antes de **2014**, y tras realizar una evaluación del impacto ambiental, se publicará un informe sobre la disponibilidad de datos sobre las huellas y su uso, como un parámetro de utilidad para determinar objetivos específicos de emisiones.

Se adoptarán medidas para tener en cuenta la adaptación necesaria a las fórmulas de cálculo de emisiones medias específicas de CO₂, con el fin de reflejar cualquier cambio en el procedimiento de ensayo reglamentario para medir emisiones específicas de CO₂.

4.2.3 Consideraciones Adicionales²³

Análogamente a lo propuesto en **4.1 Seguridad**, a continuación se muestran algunas tendencias en materia de Medio Ambiente, extraídas del *Pocket Book of Steel* (publicado por *Corus Automotive* en 2007).

2010	Reducción de emisión de partículas de Diesel (80%)
	Reducción de emisión de HC y NOx para nafta (25%)
2012	Objetivo de emisiones específicas de 120 g CO ₂ / km
2015	95% de masa reutilizada/recuperada por vehículo nuevo
	85% de masa reutilizada/reciclada por vehículo nuevo

Tabla 4.2.3.1. Tendencias en Medio Ambiente
Fuente: Pocket Book of Steel, Corus Automotive, 2007

4.2.4 Repercusión de las Nuevas Reglamentaciones en las Estrategias de las Terminales Automotrices

En su artículo *“Detroit: Not Joining the Green Revolution, Then”*, publicado el 13 de abril de 2010, el *Financial Times* afirma que las regulaciones europeas (cada vez

²³ Corus Automotive; Pocket Book of Steel; 2007

más estrictas) jugaron un papel fundamental en la alianza entre *Daimler* y *Renault-Nissan*.

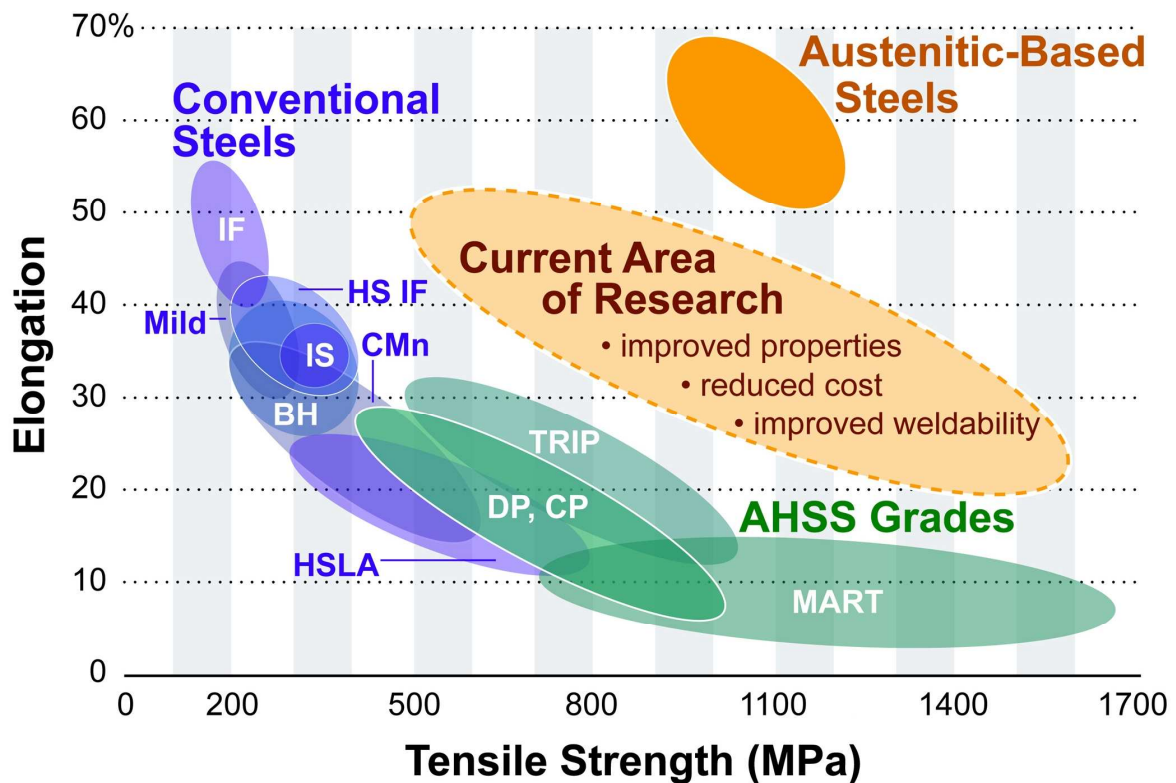
En el mismo artículo, mencionan que un consultor de la firma *Bain & Company* expresa que este tipo de alianzas se seguirán dando: “Estas tecnologías [las necesarias para disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero] son muy costosas y es prácticamente imposible que una automotriz pueda costearlas por sí misma (por ejemplo, *Daimler* o *BMW*)”.

Otros ejemplos de alianza entre Automotrices son el de *Aston Martin* con *Toyota* para el proyecto *Cygnat*, y el de la venta por parte de *Ford* a *Tata* de sus marcas *Jaguar* y *Land Rover* (debido a su alto nivel de emisión de GEI).

Por último, un hecho a tomar en cuenta es que el Gobierno Chino no le permitió a la empresa *Sichuan Tengzhong Heavy Industrial Machinery* que compre la marca *Hummer*, debido a su imagen de vehículo de alto nivel de emisión de GEI.

4.3 TENDENCIAS: MATERIALES²⁴

En primer lugar, se mostrará un gráfico de burbujas, en el cual se observan las distintas familias de aceros (Gráfico 4.3.1). En color azul, se observan los grados convencionales de acero; en verde, los grados de aceros avanzados de alta resistencia; y en naranja las áreas en las que se están llevando a cabo desarrollos en la actualidad.



Source: WorldAutoSteel

Figura 4.3.1. Familias de Aceros en Gráfico de dispersión Tensión-Deformación
Fuente: WorldAutoSteel

²⁴ www.worldautosteel.org

4.3.1 Aceros²⁵

Dentro de los AHSS (*Advanced High Strength Steels*, Aceros Avanzados de Alta Resistencia) se destacan:

- DP: *Dual Phase*
- TRIP: *Transformed Induced Plasticity*
- Martensíticos
- Aceros al Boro endurecidos por temple
- TWIP: *Twinning Induced Plasticity*

Dentro de los DR (*Dent Resistance Steels*, Aceros Resistentes a la Indentación) se destacan:

- HS IF: *High Strength Interstitial Free*
- DR BH de alto grado: *Dent Resistance Bake-Hardened*

Cabe mencionar que a continuación se hará una muy breve reseña de los mismos, con el objeto de que el lector se familiarice con las propiedades de éstos. De más está decir que existe una muy extensa bibliografía al respecto, pero no es el objetivo de este Trabajo Final.

4.3.1.1 Aceros de Fase Dual (DP, *Dual Phase Steels*)

Los aceros de Fase Dual (DP) son aceros de alta resistencia. Consisten de una matriz ferrítica con bajo porcentaje de bainita y austenita retenida, que tiene entre un 5% y 30% de martensita en forma de islas. Debido a sus características técnicas, son una buena opción para la Industria Automotriz porque:

- Tienen alta tensión de fluencia (σ_Y), debido a las tensiones locales alrededor de la ferrita, debidas al incremento de volumen y la transformación martensítica (un tipo de mecanismo de endurecimiento).
- Tienen alta tensión a la rotura (σ_{UTS}), debido en parte a la microestructura de la martensita.
- El cociente σ_Y / σ_{UTS} es aproximadamente 0,6 (debido a que la matriz es esencialmente ferrítica).
- Tienen una alta deformación uniforme, es decir que tienen una mayor resistencia hasta que aparece una estricción localizada.

²⁵ www.steeluniversity.org

A continuación, se explica un tratamiento térmico típico para un acero tipo DP:

- Recocido a 800°C; a esta temperatura la estructura contiene austenita rica en carbono y ferrita pobre en carbono.
- Templado al agua, con lo cual la austenita sufre la transformación martensítica. La fase ferrítica estará supersaturada en carbono.
- Tratamiento de envejecimiento térmico al carbono (precipitación)
- La etapa final es el *stretch-leveling* (proceso a través del cual se eliminan defectos visibles en la superficie de la chapa y se le quita la “memoria” de deformación, adaptándola a las necesidades de calidad del mercado); lo cual mejora notablemente la tensión de fluencia (σ_Y) de los aceros DP.

4.3.1.2 Aceros de Plasticidad Inducida por Transformación (TRIP, *Transformed Induced Plasticity Steels*)

Los aceros TRIP se utilizan principalmente en la industria espacial y aeronáutica. Son fabricados a través de operaciones de conformado, en las que la austenita retenida se transforma en martensita debido al endurecimiento por trabajo mecánico.

En el siguiente gráfico (Figura 4.3.1.2.1) se puede observar la respuesta de los aceros DP, TRIP y HSLA frente a un ensayo convencional de tracción uniaxial (tensión ingenieril “ σ ” vs. deformación ingenieril “ e ”).

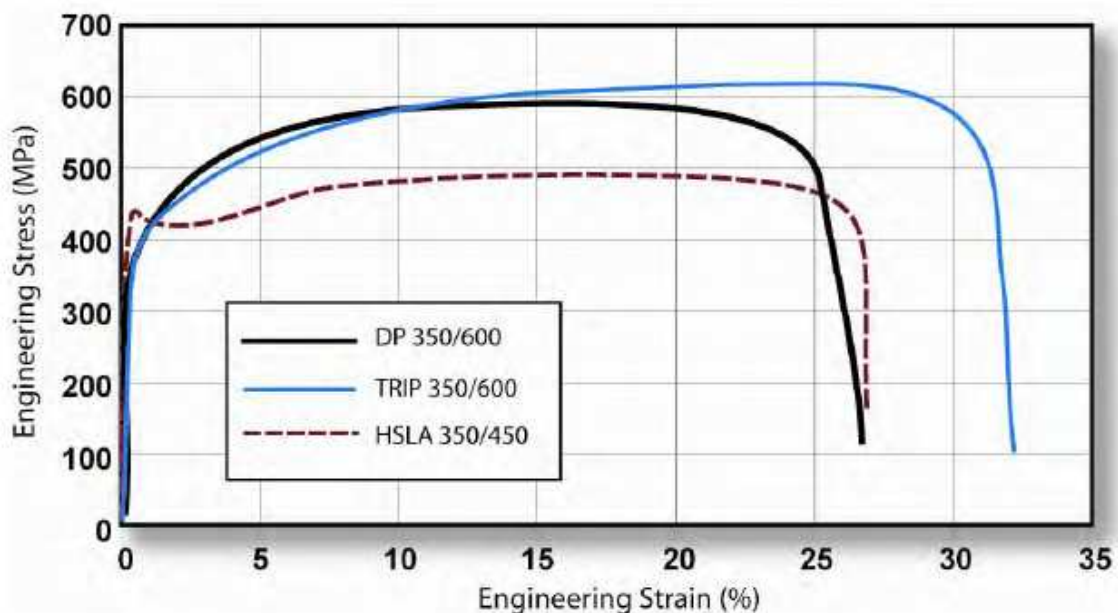


Figura 4.3.1.2.1. Curva tensión ingenieril – deformación ingenieril para aceros tipo DP, TRIP y HSLA
Fuente: WorldAutoSteel

4.3.1.3 Aceros Martensíticos (*Martensitic Steels*)

Para fabricar aceros martensíticos, la austenita presente durante la laminación en caliente, se transforma casi por completo en martensita luego de un templeado. Estos aceros presentan una matriz martensítica con pequeñas cantidades de ferrita y/o bainita. Dentro de los aceros de varias fases, el martensítico es aquel que presenta la mayor resistencia a la tracción: valores de σ_{UTS} de hasta 1700 MPa. Con el objeto de mejorar la ductilidad y conformado (incluso a muy altos niveles de tensión), se puede realizar un proceso de revenido tras el temple.

4.3.1.4 Aceros al Boro (*Boron Steels*)

Este tipo de aceros pueden ser endurecidos por temple.

Los aceros con un bajo porcentaje de Boro se pueden utilizar como refuerzo estructural.

Los aceros con un porcentaje medio de Boro se utilizan para fabricar algunos componentes pequeños de motores, ejes delanteros en camiones y *trailers*.

4.3.1.5 Aceros con Plasticidad Inducida por Maclado (TWIP, *Twinning-Induced Plasticity Steels*)

Los aceros TWIP tienen un muy alto contenido de Manganeso (entre 17% y 24%), lo cual hace que este acero tenga estructura totalmente austenítica a temperatura ambiente. Presentan una alta capacidad de deformación debido a la formación de maclas. Los aceros TWIP combinan altos valores de σ_{UTS} con extremadamente altos valores de alargamiento. Los valores de resistencia última a la tracción son superiores a 1000 MPa.

4.3.1.6 Aceros de Alta Resistencia, Sin Intersticiales (HS IF, *High Strength Interstitial Free Steels*)

Son aceros que tienen un contenido muy bajo de carbono. Tienen baja tensión de fluencia σ_Y y alto exponente de endurecimiento por trabajado. Resulta posible tener aceros HS IF utilizando el mecanismo de endurecimiento por solución sólida (con elementos tales como Silicio (Si), Fósforo (P), Manganeso (Mn) y Boro (B)). Pueden ser aplicables tanto a componentes estructurales como a los paneles exteriores.

4.3.1.7 Aceros Resistentes a la Indentación, Horneados (DR BH, *Dent Resistance Bake-Hardened*)

Son aceros de bajo contenido de Carbono, desarrollados especialmente para tener una buena respuesta luego de ser Horneados. Tienen una tensión de fluencia σ_Y baja, lo cual los dota de buena conformabilidad; y altos niveles de resistencia, los cuales califican como resistentes a la indentación.

4.3.2 Evolución a través del Tiempo en la Composición de Aceros Utilizados

A través de documentos y trabajos publicados por distintas terminales automotrices^{26,27,28,29}, resultó posible ver la evolución a través del tiempo en la composición de los materiales utilizados (particularmente, acero) en sus plataformas (Figuras 4.3.2.1 a 4.3.2.4).

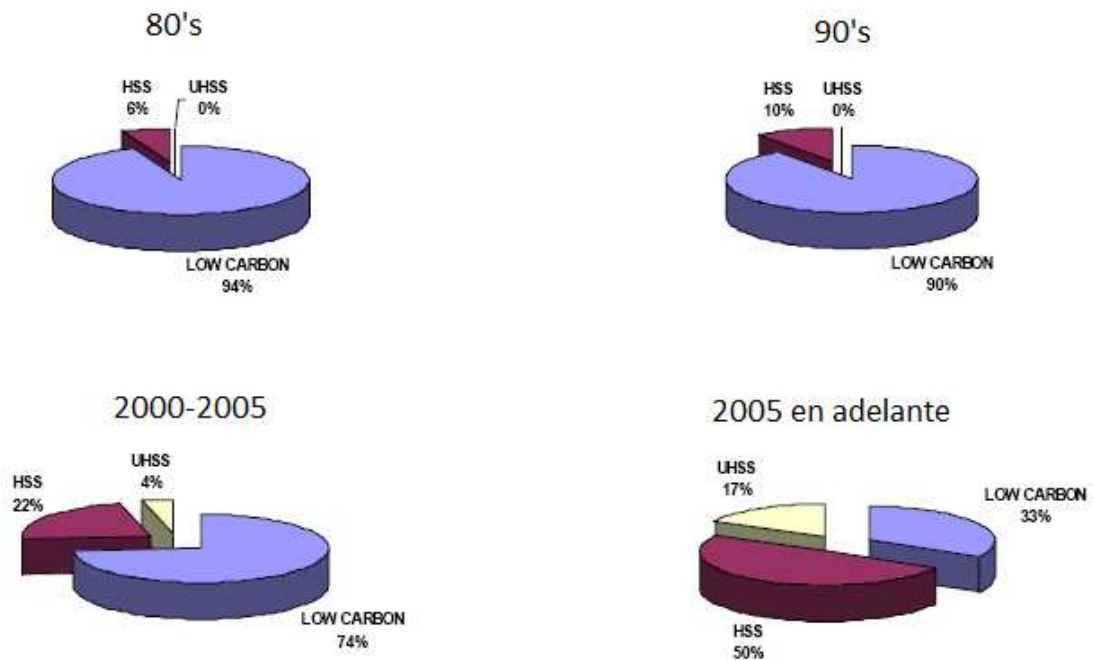


Figura 4.3.2.1. Evolución en la composición de los aceros usados en plataformas de FIAT
Fuente: Maggi, S.; The Use of Advanced High Strength Steel Sheets in the Automotive Industry; Italia; 2006

²⁶Centro Sviluppo Materiali; State of the Art and Trends of Steel Materials for Car Body Construction in the Automotive Industry; 2005

²⁷Hashimoto, S.; Recent Trend of Automotive Steel Sheet in Japan and USA; 2005

²⁸Horvath, C.; "Material Challenges Facing the Automotive and Steel Industries from Globalization"; GM; 2007

²⁹Maggi, S.; The Use of Advanced High Strength Steel Sheets in the Automotive Industry; Italia; 2006

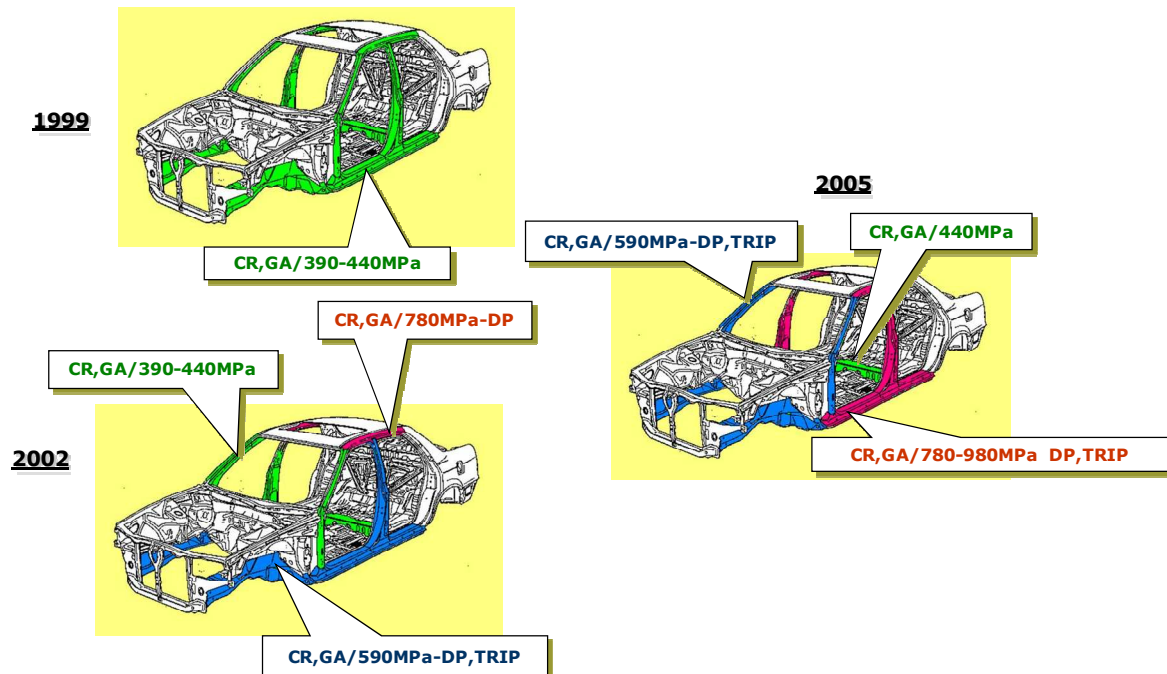
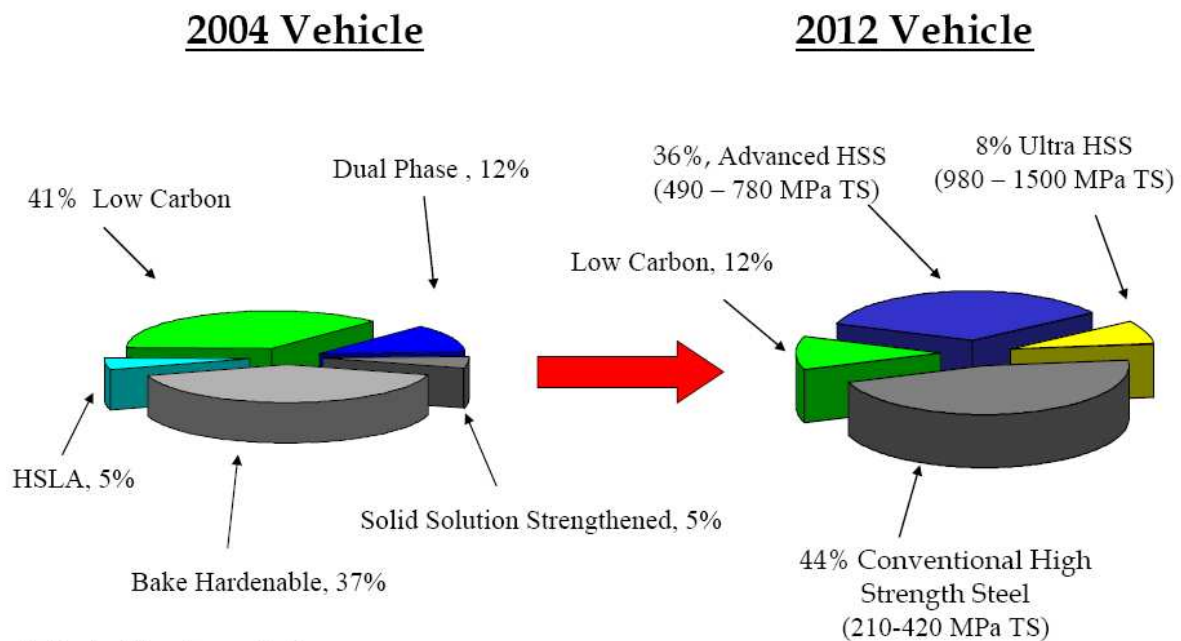


Figura 4.3.2.2. Evolución en la composición de los aceros usados en plataformas de modelos japoneses (para el BIW) 1999-2005

Fuente: Hashimoto, S.; Recent Trend of Automotive Steel Sheet in Japan and USA; 2005



* Body Structures Only

Figura 4.3.2.3. Evolución (y Proyección) en la composición de los aceros usados en plataformas de GM (para el BIW) 2004-2012

Fuente: Horvath, C.; "Material Challenges Facing the Automotive and Steel Industries from Globalization"; GM; 2007

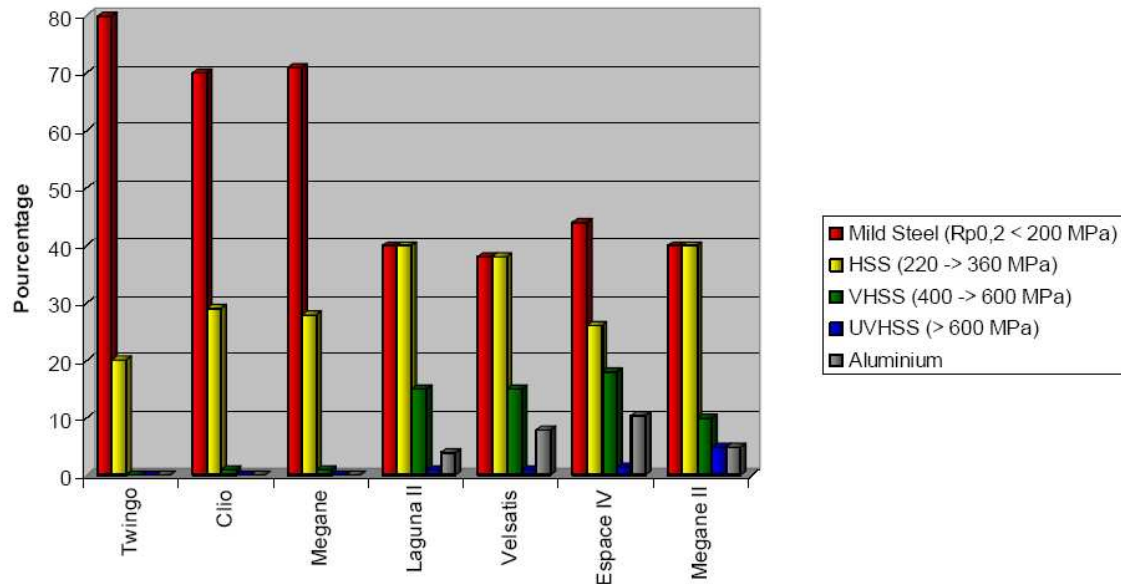


Figura 4.3.2.4. Evolución en la composición de los aceros usados en plataformas de Renault (del Twingo al Megane II)
Fuente: Centro Sviluppo Materiali; State of the Art and Trends of Steel Materials for Car Body Construction in the Automotive Industry; 2005

Como se puede observar, las terminales automotrices están adoptando los nuevos tipos de aceros como estrategia en sus nuevas plataformas. La principal justificación de tal adopción es reducir el peso del vehículo (para así cumplir con los nuevos objetivos de emisiones de GEI), sin el detrimento de las propiedades estructurales que hacen a la seguridad de ocupantes y peatones.

4.3.3 Tendencias en Formatos³⁰

Se han desarrollado aceros que siguen el principio básico que yace detrás de los **materiales compuestos**: “Utilizando dos o más materiales distintos, optimizar las propiedades del conjunto”.

Con ello, resulta posible obtener materiales con muy alta dureza y resistencia a la fatiga en las capas exteriores y buena capacidad de conformado (en la parte interna), como se puede ver en la estructura de la Figura 4.3.3.1. Esto permite eliminar varias operaciones y obtener productos de avanzada con una amplia gama de propiedades (reducción de vibraciones, aislación sonora, entre otras).

³⁰ TKS; Reaching Goals Together; 2008

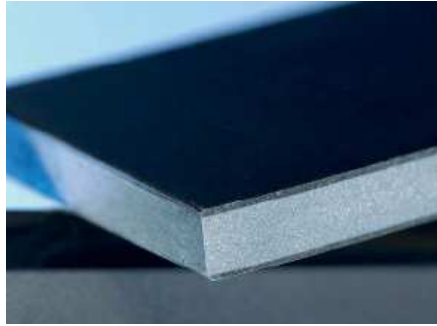


Figura 4.3.3.1. Lámina tipo “sandwich”, hecha con distintos grados de acero (Tribond ®)
Fuente: TKS; Reaching Goals Together; 2008

Otra variante son los **TWB** que son producto de la combinación de distintos grados y espesores de acero en un mismo formato de chapa.

Luego del proceso de conformado, estas piezas presentan excelentes propiedades de resistencia en las zonas más comprometidas o críticas (según el diseño del formato de chapa y la pieza). De esta forma, se pueden obtener piezas más livianas: para una determinada característica de comportamiento de la pieza frente a choques o impactos, se puede utilizar menos material.

Un factor que resulta clave para la manufactura de los TWB es la tecnología de soldadura empleada: soldadura laser.



Figura 4.3.3.2. Proceso de Soldadura Laser para la Producción de TWB
Fuente: TKS; Reaching Goals Together; 2008



Figura 4.3.3.3. Línea de Producción de TWB (detalle)
Fuente: TKS; Reaching Goals Together; 2008

Por último, cabe mencionar que se ha comenzado a experimentar con la utilización de **tubos** para reemplazar componentes del BIW, con lo cual se persigue reducir el peso de la estructura sin comprometer la rigidez estructural y la seguridad.

En este caso, así como se mencionó para los TWB, son críticos los procesos de unión y soldadura.

5 ANÁLISIS

Con la información relevada, resultó posible construir tablas y gráficos para comprender la composición de las plataformas y sus distintos sub-sistemas, tomando en cuenta el tipo de acero y recubrimiento.

A continuación, se muestran los gráficos y tablas que resultaron de interés.

La Tabla 5.1 muestra una estratificación que se realizó para poder realizar un mejor manejo de la información; es decir, se crearon nuevos grupos de aceros a partir de las familias creadas para el relevamiento.

Referencia	Nombre	Categorías que incluye
1	EDDQ	EDDQ
2	DDQ/DQ	DDQ y DQ
3	DR	DR Refosforado y DR BH
4	HSS/HSLA	SS, HSLA 250-280, HSLA 300-380
5	DP	DP 600-800
6	Martensítico	Martensítico



Resistencia Creciente

Tabla 5.1. Grupos de Aceros

El primer gráfico que se realizó fue uno de dispersión Resistencia Mínima [MPa] versus Alargamiento Porcentual [%]. Las distintas nubes de puntos obtenidas, se corresponden con cada Grupo Funcional relevado, según se detalla en las referencias de la Figura 5.1.

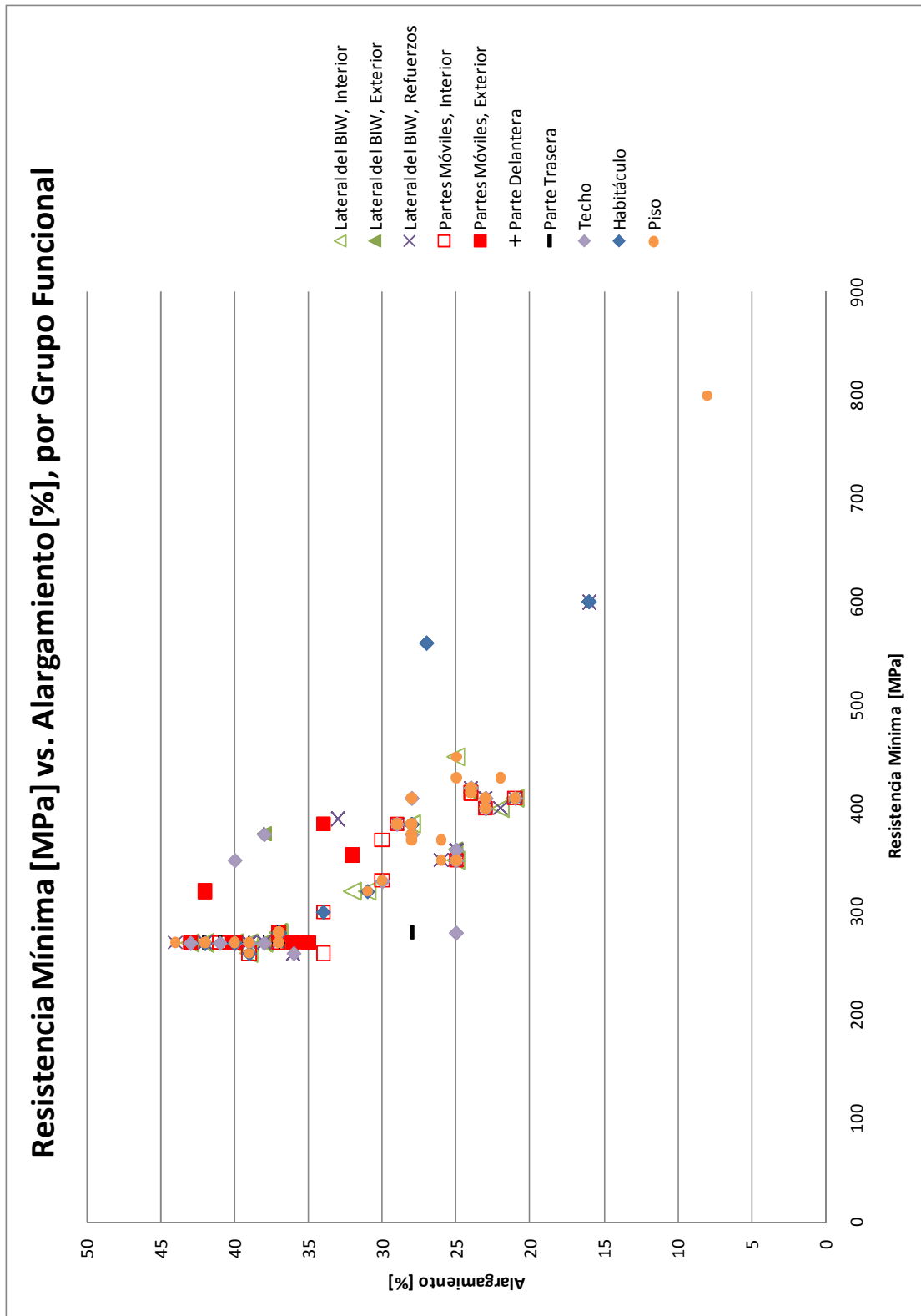


Figura 5.1

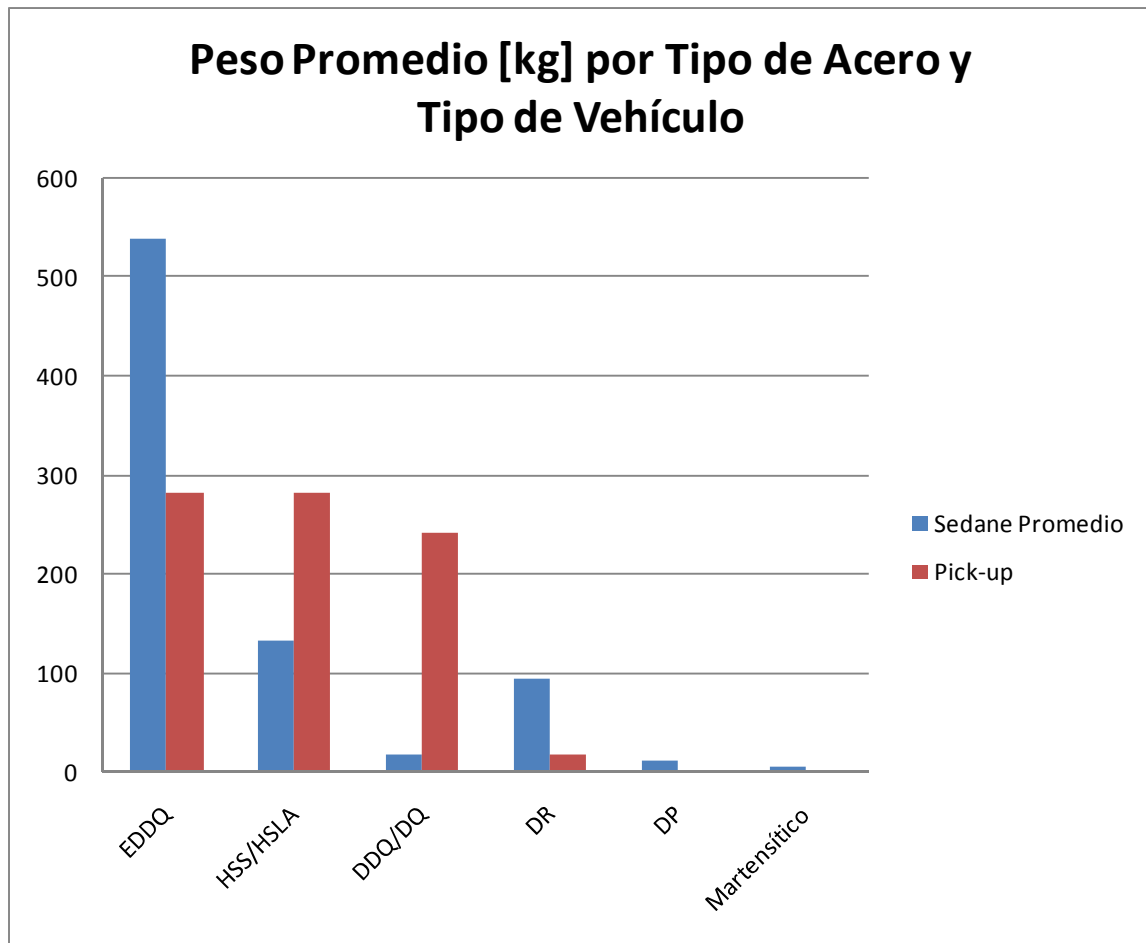


Figura 5.2

La Figura 5.2 representa el peso promedio relevado por tipo de acero y tipo de vehículo. Se representó por un lado los automóviles (ponderando el peso de cada familia de aceros, en función del peso del modelo considerado); y por otro, la pick-up. Como se puede apreciar, los aceros de tipo Embutible Extra Profundo (EDDQ) representan el mayor porcentaje, seguidos por los Altos Resistenciales (HSS/HSLA).

La Figura 5.3 permite observar porcentualmente los distintos tipos de recubrimiento (ELZ: Electrocincado; GI: Galvanizado por Inmersión en Caliente; GA: Recocido de Galvanizado; LAF: Laminado en Frío), en las distintas plataformas analizadas.

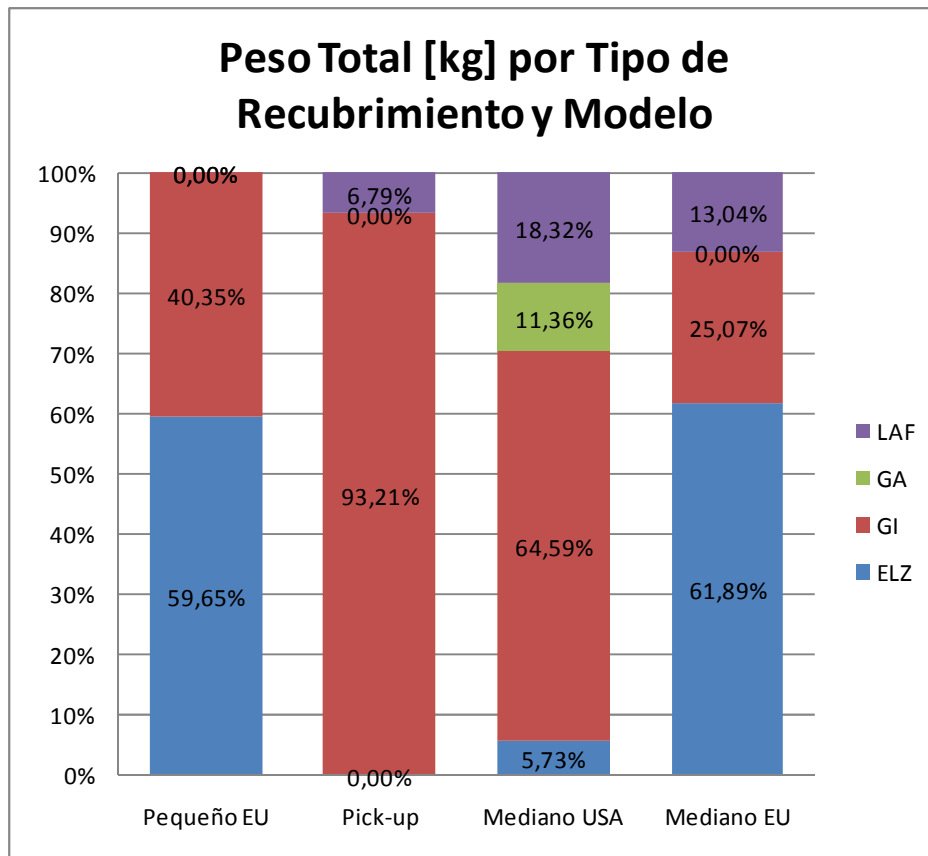


Figura 5.3

La Figura 5.4 permite observar el porcentaje de los componentes Recubiertos y No Recubiertos del total de las piezas que se relevaron. Como se puede ver, sólo un 10% de las piezas son LAF (Laminadas en Frío, No Recubiertas).

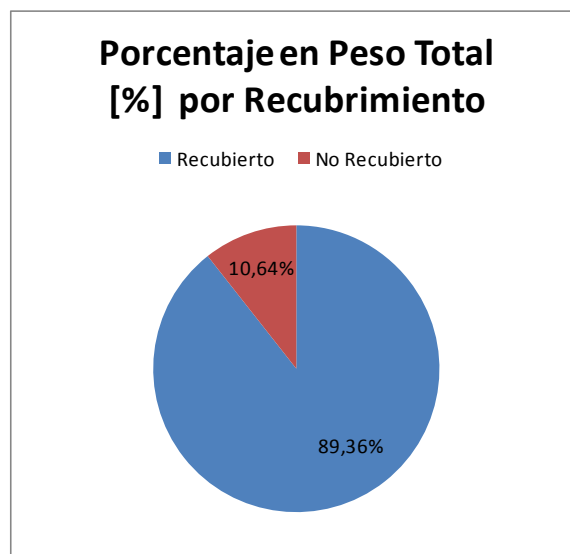


Figura 5.4

La Figura 5.5 muestra la composición por Tipo de Recubrimiento, de aquellos componentes que tienen algún tipo de recubrimiento (GI, ELZ o GA). Como se puede observar, la mayoría de las piezas recubiertas son GI (aproximadamente, 63%), seguidas de ELZ (aproximadamente, 34%), y en menor medida GA.

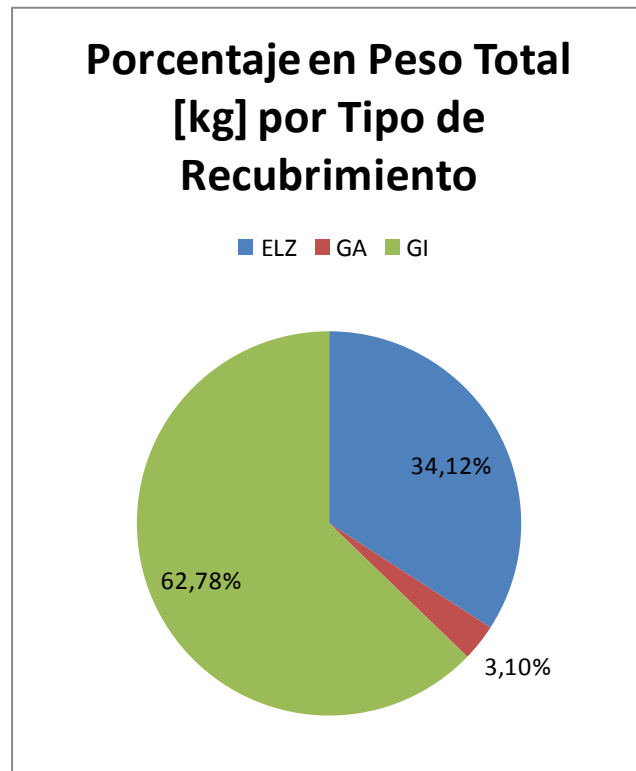


Figura 5.5

La Figura 5.6 (basada en la Figura 5.5) representa el porcentaje en peso acumulado por tipo de recubrimiento.

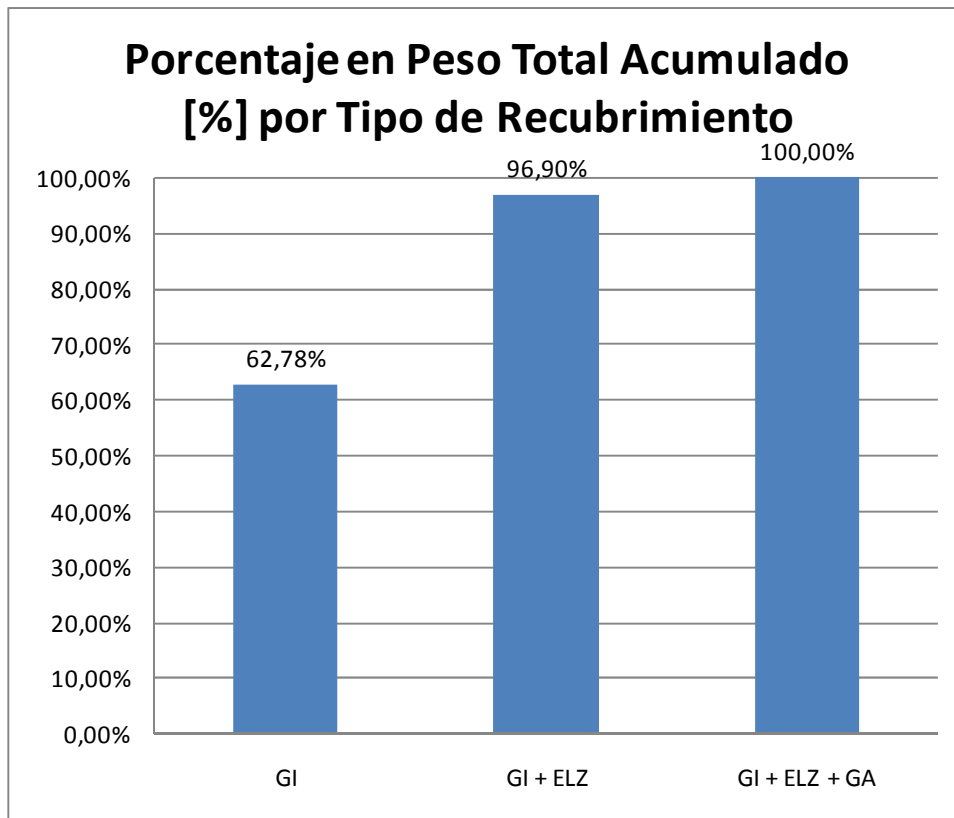


Figura 5.6

La Figura 5.7 permite ver la composición de cada modelo en función del Tipo de Acero. Como se puede apreciar, los aceros de tipo Embutible Extra Profundo (EDDQ) representan el mayor porcentaje, seguidos por los Altos Resistenciales.

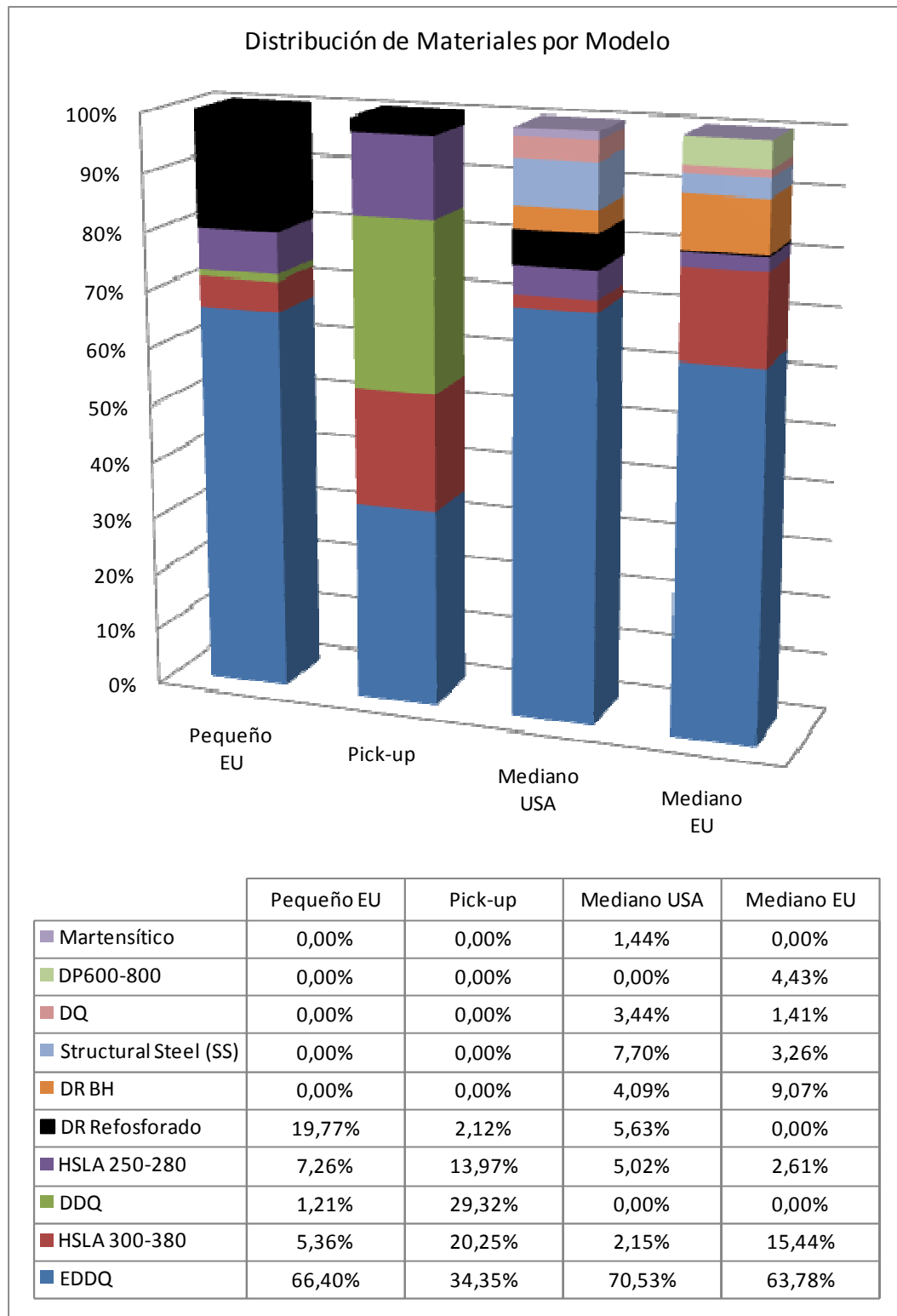


Figura 5.7

La Figura 5.8 permite ver los kg de material en función del Tipo de Superficie (Vista / No vista) por Grupo Funcional. Obviamente, debido a los criterios adoptados para generar el despiece virtual, al crear los grupos funcionales, varios de estos últimos resultan tener un tipo exclusivo de superficie.

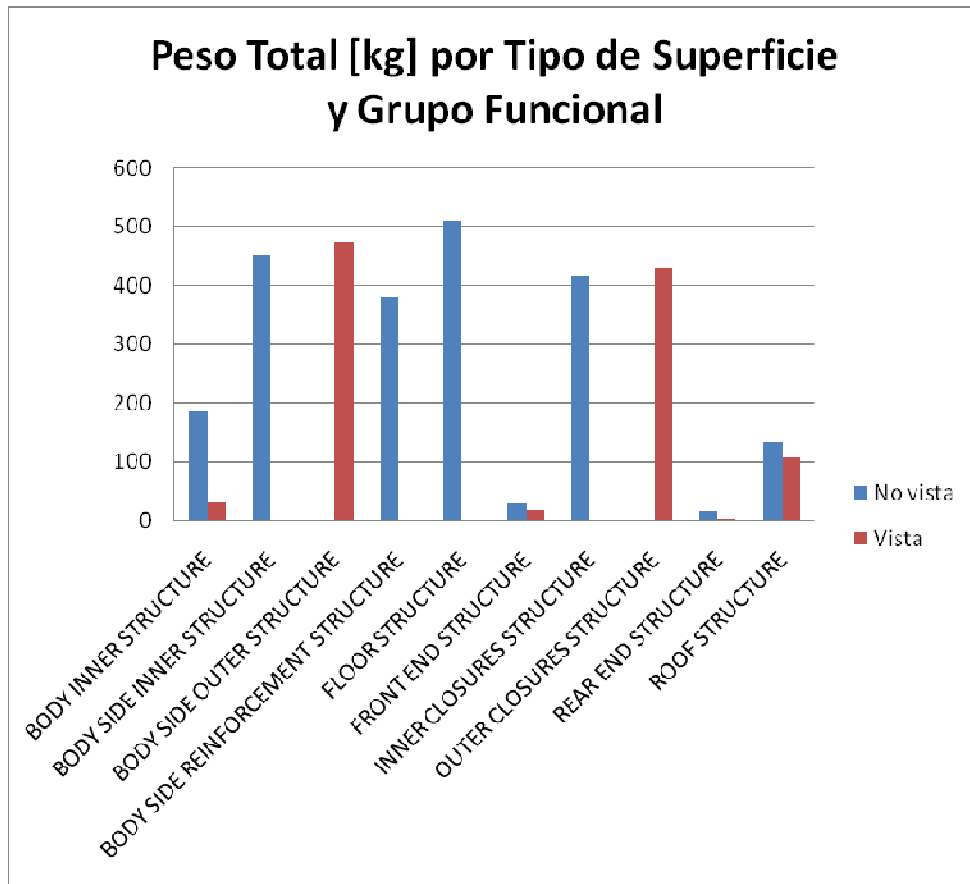


Figura 5.8

El siguiente gráfico radial (Figura 5.9) permite ver, para cada Modelo y Grupo Funcional, la Familia de Acero que tiene un mayor consumo. Los rayos del gráfico dan idea de una mayor resistencia mínima [MPa], cuanto más alejado se encuentre el punto del centro.

Para ambos gráficos (Figuras 5.9 y 5.10), la escala en los rayos es la que se mostró en la Tabla 5.1.

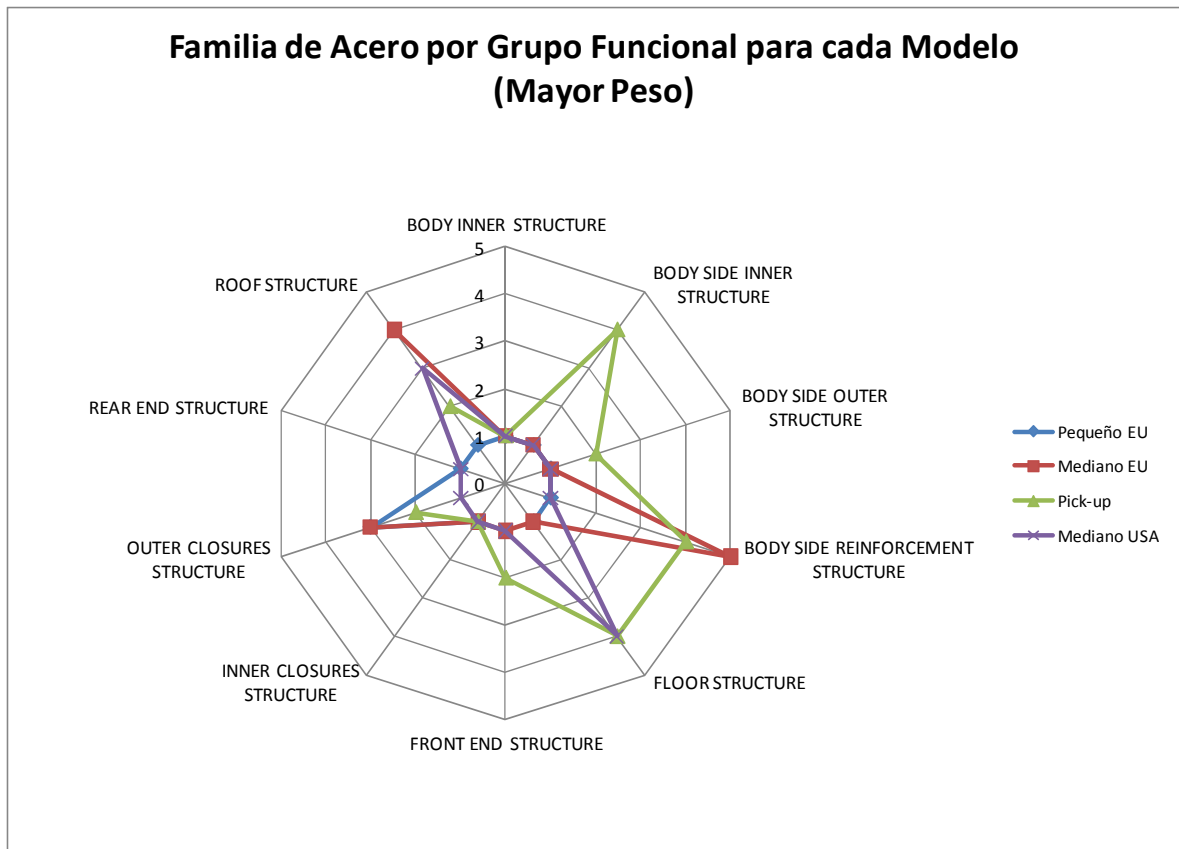


Figura 5.9

De manera similar al gráfico anterior, la Figura 5.10 muestra lo propio, pero para la Familia de Acero cuyo consumo se encuentra en segundo lugar para cada Grupo Funcional. Cabe resaltar que, puesto que algunos Grupos Funcionales –según se relevó–, estaban compuestos por un único tipo de acero, no acusaron registro alguno para este gráfico.

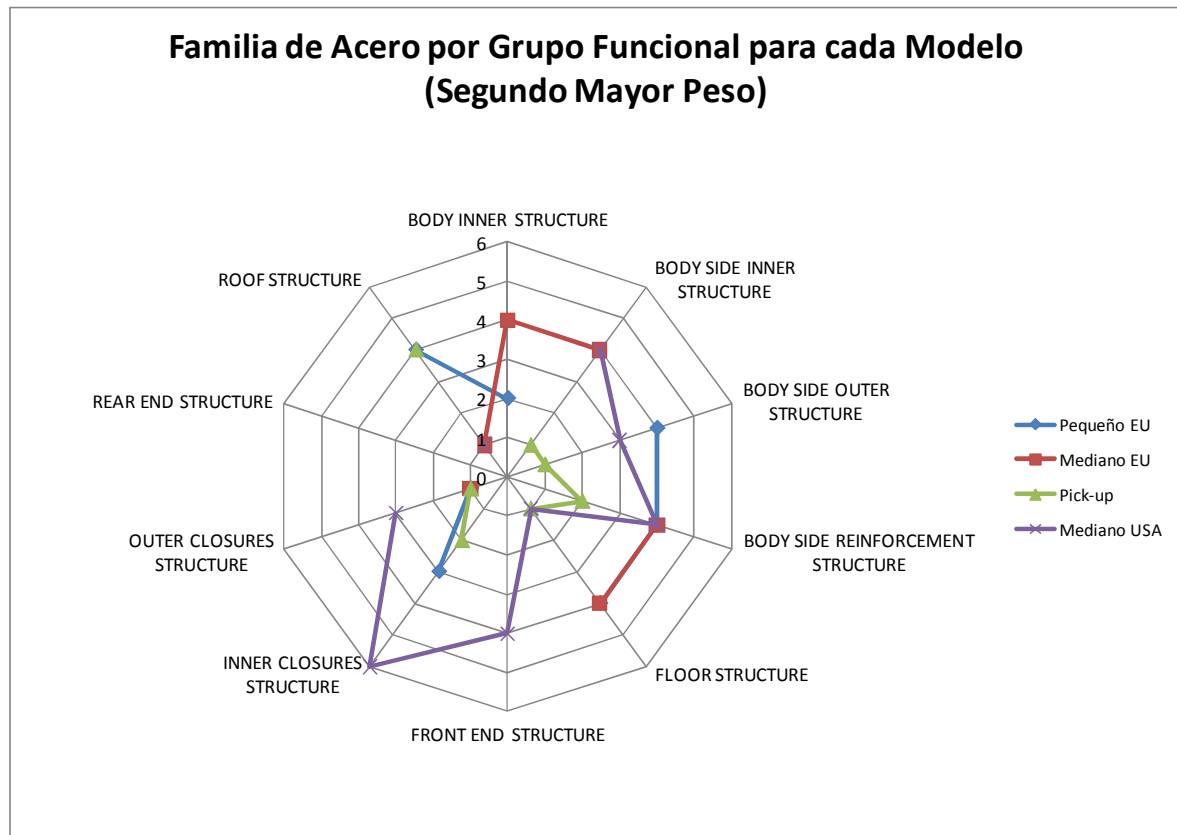


Figura 5.10

6 CONCLUSIONES

Dada la naturaleza del Proyecto, las conclusiones se presentarán en dos grandes grupos:

- Técnicas
- Estratégicas

6.1 Conclusiones Técnicas

Los AHSS (*Advanced High Strength Steels*, Aceros Avanzados de Alta Resistencia) permiten reducir el peso del vehículo, brindando una mayor resistencia para no comprometer la Seguridad; por ello, se prevé que su participación irá en aumento.

Los aceros DP (*Dual Phase*, aceros de Fase Dual) y más recientemente, los aceros al Boro endurecidos por temple pueden ser utilizados como refuerzos para mantener la integridad estructural del BIW y de los ocupantes.

Por otro lado, dado que los aceros HS IF (*High Strength Interstitial Free*, aceros de Alta Resistencia, Sin Intersticiales) y los aceros DR BH de alto grado (*Dent Resistance Bake-Hardened*, aceros Resistentes a la Indentación Horneados) combinan buena conformabilidad y resistencia, resultan aptos para la manufactura de los paneles de mayores dimensiones, simplificando los procesos (manteniendo las prestaciones), y manteniendo un adecuado nivel de resistencia.

En resumen, se observa que los aceros siguen siendo una alternativa viable para la Industria Automotriz, siendo los principales los siguientes:

- Aceros DP (Dual Phase),
- Aceros HS IF (High Strength Interstitial Free) y aceros DR BH de alto grado (*Dent Resistance Bake-Hardened*, aceros Resistentes a la Indentación, Horneados),
- Aceros al Boro (Boron Steels) endurecidos por temple

La participación de los aceros al Boro aumentará conforme se implemente el proceso de *Hot Stamping* (Estampado en Caliente) y se desarrolle su matricería.

La Figura 6.1.1 permite observar el mix de materiales actual (EDDQ y HSLA) y los materiales que se cree serán una alternativa viable (DP, HS IF, DR BH y aceros al Boro).

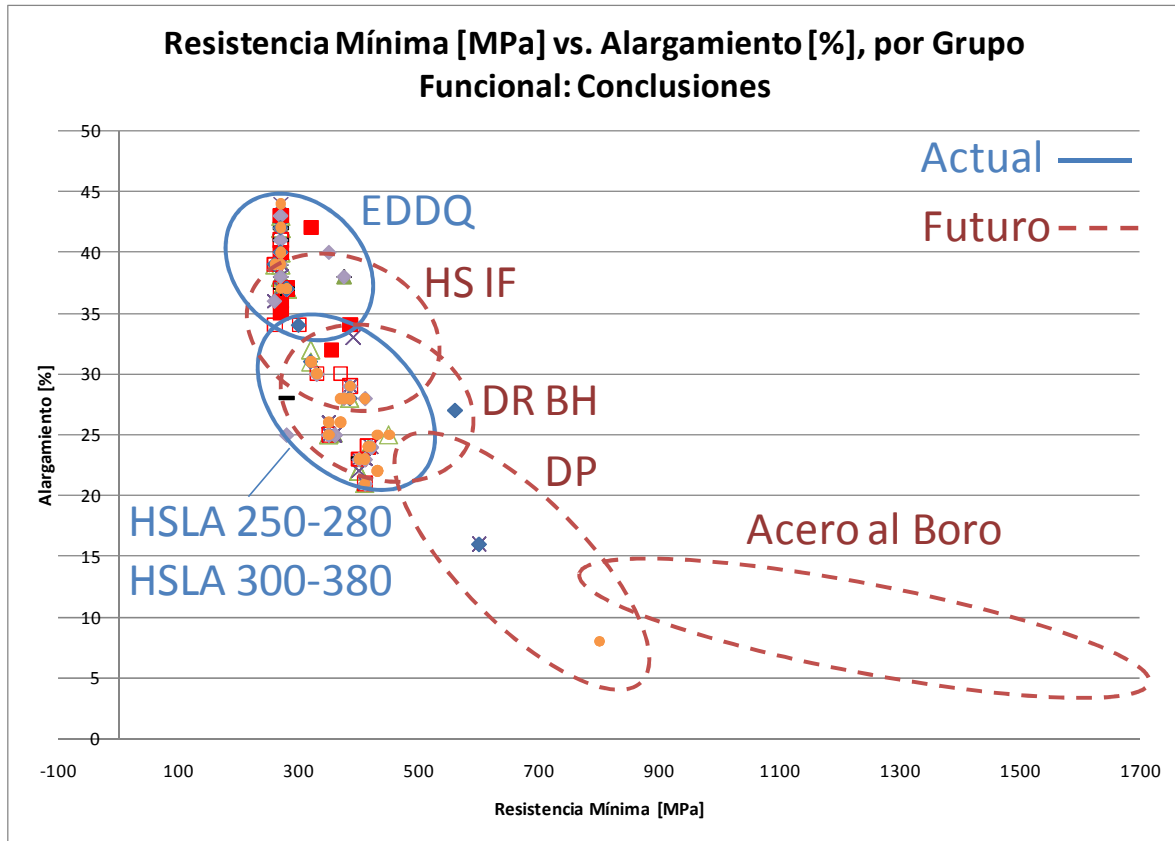


Figura 6.1.1. Tendencias en Materiales para la Industria Automotriz

En cuanto a los formatos de chapa, si bien los *Tailor Welded Blanks* (TWB, Formatos de Chapa Soldados a Medida) no tienen una participación significativa actualmente, desde el punto de vista funcional representan una oportunidad interesante para reducir el peso del vehículo, sin comprometer la Seguridad.

Del análisis de las tendencias, se concluye que el sector siderúrgico debe estar atento –y anticiparse– a los hitos que se irán dando en materia de regulaciones Medioambientales y de Seguridad. Ello se debe a que, dado que la Industria Automotriz es uno de los principales impulsores en la cadena de valor de la Industria del Acero, esta última debe tomar fuertemente en consideración las ya mencionadas tendencias del macro-entorno para poder anticiparse a satisfacer sus necesidades.

Se necesitará disponer de líneas con tecnologías de tratamiento térmico que permitan lograr las propiedades mecánicas y de recubrimiento deseadas.

El acero sigue rompiendo paradigmas debido al continuo desarrollo de grados con propiedades especiales y su rápida inserción industrial.

Desde el punto de vista de análisis del tipo LCA (*Life Cycle Assessment*), el acero es más competitivo en costos y tiene un impacto ambiental menor, principalmente debido a su altísima reciclabilidad.

Los tipos de recubrimiento mayoritarios son:

- Galvanizado por Inmersión en Caliente (GI, *pure zinc*): aproximadamente, 63%
- Electrocincado (ELZ): aproximadamente, 34%
- Recocido de Galvanizado (GA, Galvannealing): participación marginal

La participación a futuro del ELZ dependerá de situaciones coyunturales (disponibilidad de materiales recubiertos en el mercado, costo de fabricación y consumo energético específico mayor, entre otros).

A modo de ejemplo, en función del relevamiento realizado y las tendencias observadas (materiales, medio ambiente y seguridad) se confeccionó la Tabla 6.1.1 en la que se muestran componentes críticos de los distintos Grupos Funcionales del despiece con el material utilizado actualmente y aquel que, en función del análisis de tendencias, resultaría ser “de punta”.

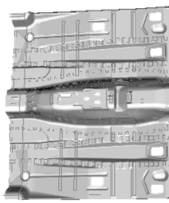
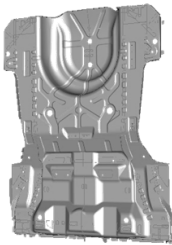
Grupo Funcional	Ejemplo de Componente	Función	Material Standard	Espesor Mat. STD [mm]	Material Avanzado	Material de Punta	Observación de Material de Punta
Piso	Larguero 	Rigidez Absorción de Energía Resistencia a la Fatiga	EDDQ HSLA 300-380 SS 350 HSLA 250-280	1,00 0,90 1,50 1,97	DP 600-780 Boro 1500	TRIP	Mayor costo / exigencia fabricación
	Piso Delantero 	Rigidez	EDDQ	1,00	DP 600-780	Boro 1500	Estampado en Caliente (Incrementa sus propiedades mecánicas y se obtiene una pieza con menor distorsión o spring-back)
	Piso Trasero 	Rigidez	EDDQ	1,00	DP 600-780	Boro 1500	

Tabla 6.1.1. Componentes Críticos y Propuesta de Materiales

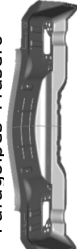
Grupo Funcional	Ejemplo de Componente	Función	Material Standard	Espesor Mat. STD [mm]	Material Avanzado	Material de Punta	Observación de Material de Punta
Lateral del BIW, Exterior	Panel Lateral Exterior 	Rigidez Resistencia a la Indentación	DDQ EDDQ	0,80 1,17	DR BH	HS IF DP 600-780	Oportunidad tecnológica: TWB Estampado más dificultoso
Lateral del BIW, Refuerzos	Pilar B 	Rigidez Resistencia a la Fatiga Absorción de Energía	HSLA 250-280 EDDQ SS 300 HSLA 300-380	1,17 1,17 0,75 1,5	DP 600-780	Boro 1500 TRIP	
Lateral del BIW, Interior	Pilar A 	Rigidez Absorción de Energía	EDDQ	0,8	HS IF DP 600-780	Boro 1500 TRIP	
Techo	Panel Exterior  Paraques Trasero 	Resistencia a la Indentación Absorción de Energía	DDQ EDDQ DR Refosf 210 DR BH 220	0,75 0,67 0,8 0,8	HS IF Isotrópico BH235		
Parte Trasera	Panel Interior de Puerta Delantera 	Absorción de Energía	EDDQ	0,7	HSLA 220	HS IF	
Partes Móviles, Interior		Rigidez	DDQ EDDQ	0,67 1	HS IF		

Tabla 6.1.1 (cont.). Componentes Críticos y Propuesta de Materiales

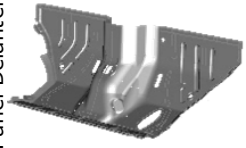
Grupo Funcional	Ejemplo de Componente	Función	Material Standard	Espesor Mat. STD [mm]	Material Avanzado	Material de Punta	Observación de Material de Punta
Partes Móviles, Exterior	Paneles Exteriores de Puertas Delantera y Trasera 	Rigidez Resistencia a la Indentación	DDQ EDDQ DR BH 210 DR Refosf 235	0,7 0,75 0,72 0,7	HS IF	DP?	
	Panel Exterior Capó 	Rigidez Resistencia a la Indentación	DDQ DR Refosf 235 DR BH 210	0,7 0,65 0,67	HS IF	DP?	
Parte Delantera	Paragolpes Delantera 	Absorción de Energía	EDDQ	0,75	DR BH	HS IF	
Habitáculo	Panel Delantera 	Rigidez Absorción de Energía	EDDQ	0,87	DP 600-780	Boro 1500	Estampado en Caliente

Tabla 6.1.1 (cont.). Componentes Críticos y Propuesta de Materiales

Para tener una visión más clara de los posibles materiales a utilizar, se adjunta el Gráfico 6.1.2, en el que se pueden ver los intervalos de Resistencia Última a la Tracción (σ_{UTS} o R_m) y Tensión de Fluencia (σ_F o R_e).³¹

Donde: MS (*Mild Steel*, Acero al Carbono); HSS (*High Strength Steel*, Acero de Alta Resistencia); EHSS (*Extra High Strength Steel*, Acero de Extra Alta Resistencia); UHSS (*Ultra High Strength Steel*, Acero de Ultra Alta Resistencia).

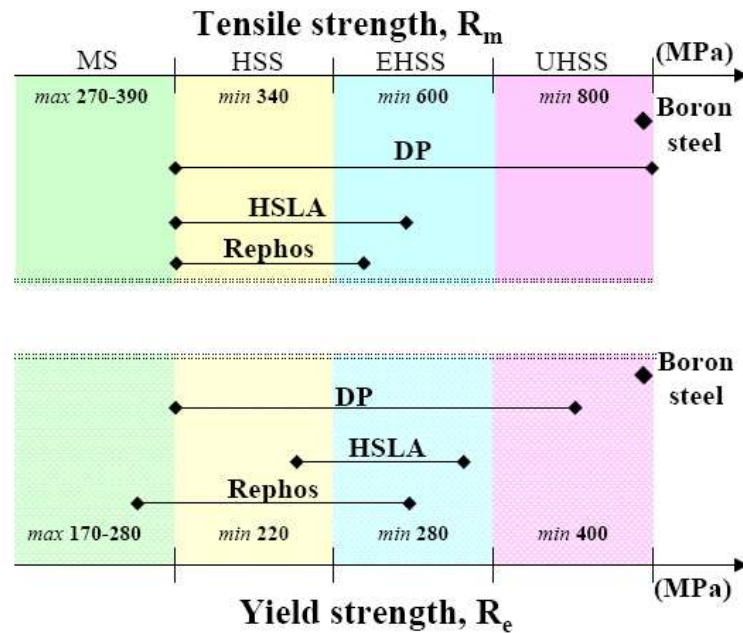


Figura 6.1.2. Resistencia Última a la Tracción (σ_{UTS} o R_m) y Tensión de Fluencia (σ_F o R_e)
Fuente: Bernquist, J.; Safety Cage Design in the Volvo XC90; Volvo Car Corporation

A continuación, se muestran conclusiones arribadas en un artículo publicado por la empresa VOLVO, en el que se plantea una estrategia de mix de materiales para su modelo XC90 (Figura 6.1.3). Cabe destacar que para esta configuración, obtuvo excelentes resultados en Seguridad, a un costo competitivo (Figura 6.1.4).

³¹ Bernquist, J.; Safety Cage Design in the Volvo XC90; Volvo Car Corporation; 2007

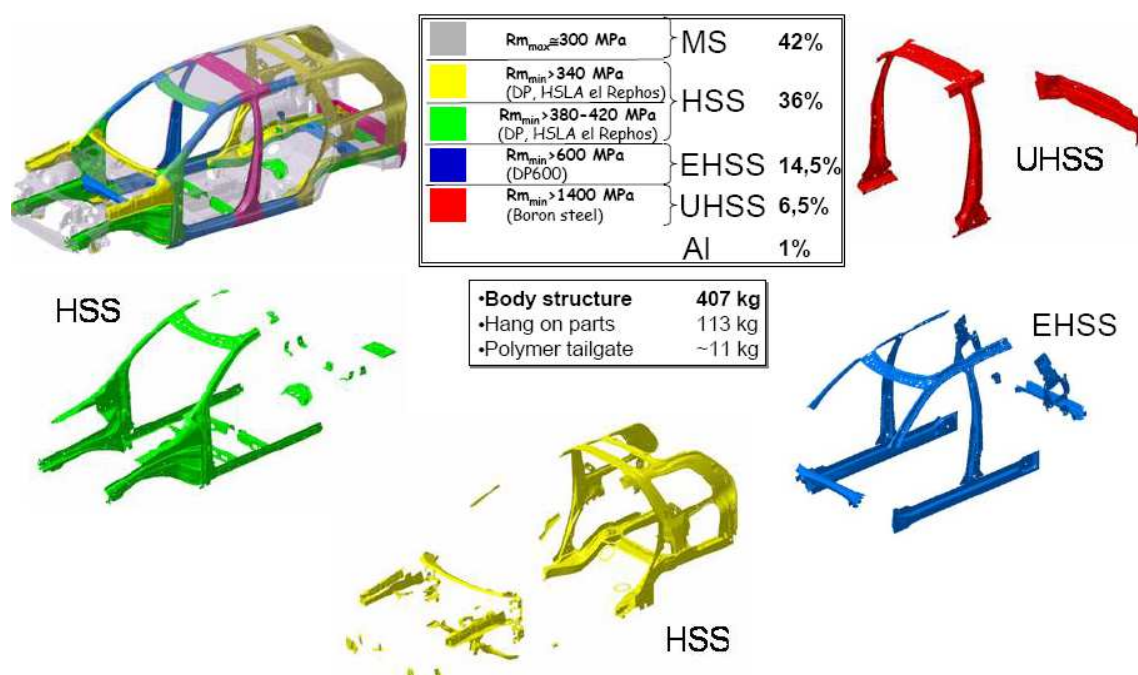


Figura 6.1.3. Mix de materiales para el BIW del Volvo XC90

Fuente: Bernquist, J.; Safety Cage Design in the Volvo XC90; Volvo Car Corporation

De esta manera, lograron reducir el peso del BIW, manteniendo costos competitivos en cuanto a materiales y sus procesos de manufactura.³²

El diseño fue validado con ensayos de Seguridad realizados por organismos europeos (Euro NCAP) y estadounidenses, obteniendo en ambos casos las máximas calificaciones para los Ensayos de Impacto Frontal y Lateral.

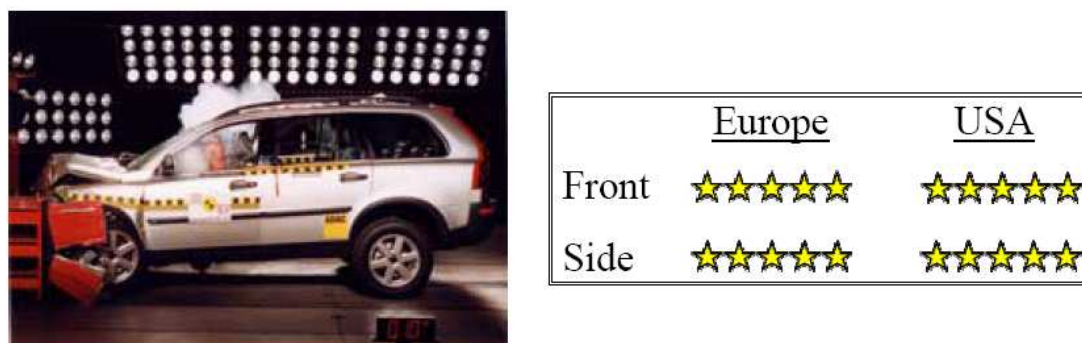


Figura 6.1.4. Resultados obtenidos para los Ensayos de Impacto Frontal y Lateral para el Volvo XC90

Fuente: Bernquist, J.; Safety Cage Design in the Volvo XC90; Volvo Car Corporation

Por último, deberán tenerse en consideración distintos tipos de materiales compuestos que permitan seguir reduciendo el peso a costos competitivos sin comprometer los niveles de Seguridad. Un ejemplo de ello es el panel de techo realizado con material compuesto de híbrido plástico-metal con poliuretano.³³

³² Bernquist, J.; Safety Cage Design in the Volvo XC90; Volvo Car Corporation; 2007

³³ Korson, C.; Stratton, D.; An Integrated Automotive Roof Module Concept: Plastic-Metal Hybrid and Polyurethane Composite Technology; 2005

Con esta experiencia, se plantean las bases para seguir desarrollando productos combinando distintos tipos de adhesivos, recubrimientos y materiales compuestos de poliuretano reforzado con híbridos plástico-metal. Esta combinación permite a las terminales contar con un componente listo para ser ensamblado. Algunos de los beneficios técnicos y económicos son:

- Distintos modelos de techo.
- Reducción de peso.
- Diversidad de colores.
- Integrar refuerzos y puntos de unión en el molde.
- Mejoras en la Seguridad, dado que se baja el centro de gravedad del vehículo.
- Mejoras en la Seguridad, dado que mejora los resultados en colisiones con vuelco.

6.2 Conclusiones Estratégicas

Resultará de interés tomar en consideración conjunta el presente Trabajo Final y la Tesis de Grado en Ingeniería Industrial “Impacto Ambiental de Automóviles Medianos Utilizando Modelos de Ciclo de Vida”³⁴, para poder ampliar en un futuro las conclusiones a las que se ha arribado y actualizar los trabajos con las nuevas reglamentaciones y desarrollos que se sucedan en el futuro. Por ejemplo, un tema de Tesis que puede resultar de interés para un Ingeniero Mecánico sería el desarrollo de componentes estructurales críticos a partir de la información recabada en este trabajo. Así, se lograría configurar una base de conocimientos que se nutra de distintos aportes de los recién graduados y poder realizar trabajos más específicos.

Deberán llevarse estadísticas para verificar la disminución de gravedad de accidentes por las nuevas cualidades del material (tanto para los ocupantes como para el peatón o ciclista investido).

Una estrategia que puede resultar de utilidad para estar atento a los cambios y lograr una correcta interacción y comunicación entre los distintos actores intervinientes puede ser:

- El **Gobierno** (y otras Organizaciones) cumplen el rol preponderante de fomentar o adoptar nuevas legislaciones tanto en materia de seguridad como medioambiental. Como quedó expuesto a lo largo del presente

³⁴ Álvarez, M.; Impacto Ambiental de Automóviles Medianos Utilizando Modelos de Ciclo de Vida; Tesis de Grado en Ingeniería Industrial; 2007

trabajo, ambos campos repercuten directamente sobre los grados de libertad de las dos industrias analizadas.

- La **Industria Automotriz**, como se mencionó en el párrafo anterior, se ve obligada a cumplir con las regulaciones vigentes y debe, además tomar en consideración en sus diseños futuros las normativas que serán puestas en vigencia en el futuro. Con ello, logra satisfacer a un mercado de clientes cada vez más exigente (menores emisiones específicas de CO₂, mayor seguridad para ocupantes y peatones) y evitar costosas penalizaciones por infringir la legislación.
- Dado que la Industria Automotriz es uno de los principales *drivers* de crecimiento de la **Industria Siderúrgica**, esta última debe estar atenta a las tendencias comentadas, para poder así satisfacer las necesidades impuestas por las nuevas normativas. Claramente, sería altamente beneficioso para ambas industrias continuar con una estrategia de trabajo conjunto para poder cumplir tanto con las reglamentaciones como con los periodos de diseño de automóviles, que son cada vez más acotados.
- Todo proceso de diseño de nuevos productos y desarrollo de normativas debe verse nutrido por la información provista por los destinatarios, es decir, para este caso, los **Conductores y Peatones**. Son ellos los que, en definitiva, conducen los vehículos y están potencialmente propensos a estar involucrados en algún tipo de accidente.

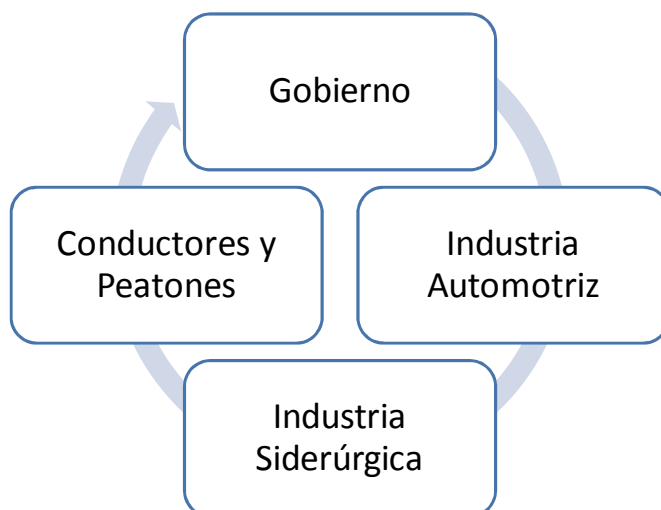


Figura 6.2.1

- Por último, considero importante que se tome en consideración la posibilidad de incluir a las **Universidades** en este ciclo (principalmente, a alumnos) para poder contar con una mirada “fresca” sobre el tema, una visión que no se encuentre sesgada por la experiencia en planta,

por ejemplo, brindando desde la creatividad, posibles soluciones. En este sentido, en el ITBA se llevaron a cabo experiencias que produjeron buenos resultados.³⁵

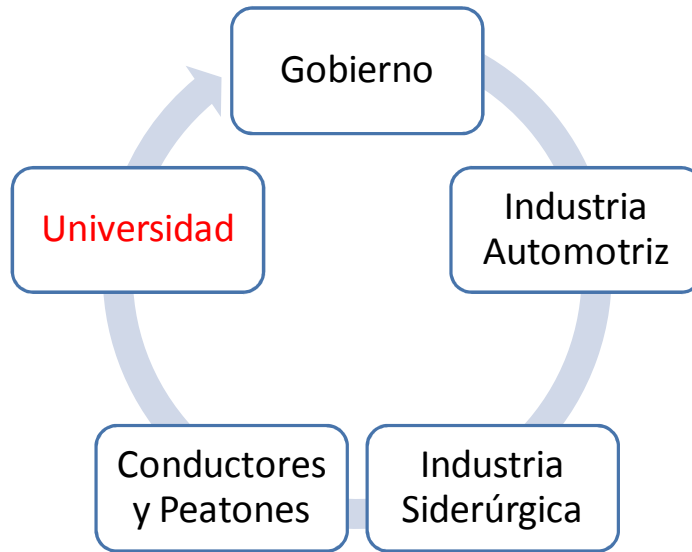


Figura 6.2.2

Como comentario final, me resultó de extrema utilidad haber cursado materias correspondientes a la Focalización en Materiales para encarar este Proyecto Final. En ese sentido, la presente fue una experiencia altamente positiva para conocer más a fondo los aceros utilizados en la Industria Automotriz.

³⁵ Bruna, R.; Rey, E. et al; Experiencias de Enseñanza en Materiales Mediante la Vinculación Universidad-Empresa; Congreso SAM/CONAMET 2009; 2009

BIBLIOGRAFÍA

A continuación, se enumeran alfabéticamente las fuentes utilizadas:

- Aluminium Danmark:
 - URL: www.alu.dk
- Álvarez, M.; Impacto Ambiental de Automóviles Medianos Utilizando Modelos de Ciclo de Vida; Tesis de Grado en Ingeniería Industrial; 2007
- Alzari, S.; Bruna, R. et al; Experiencias de Enseñanza en Materiales Mediante la Vinculación Universidad-Empresa; Congreso SAM/CONAMET 2009; 2009
- Ashby, M. et al; Materials: Engineering, Science, Processing and Design; First Edition; 2007
- ASM; ASM Handbook, Vol. 13 – Corrosion; 1992
- ASM; ASM Handbook, Vol. 13 – Corrosion – Fundamentals, Testing and Protection; 2003
- Bernquist, J.; Safety Cage Design in the Volvo XC90; Volvo Car Corporation ; 2007
- Bhadesia, H. y Honeycombe, R.; Steels: Microstructure and Properties; Third Edition; 2006
- Callister, W.; Fundamentals of Materials Science and Engineering; Fifth Edition; 2001
- CE (Comunidad Europea); REGLAMENTO (CE) No 443/2009; 2009
 - URL: http://www.mma.es/secciones/cambio_climatico/documentacion_cc/normativa_cc/pdf/reg_443_2009.pdf
- CE (Comunidad Europea); Directiva 2007/46/CE; 2007
- Centro Sviluppo Materiali; State of the Art and Trends of Steel Materials for Car Body Construction in the Automotive Industry; 2005
- Corus Automotive; Pocket Book of Steel; 2007
- Durand-Charre, M.; Microstructure of Steels and Cast Irons; 2004
- European New Car Assessment Programme (Euro NCAP):
 - URL: www.euroncap.com
- European New Car Assessment Programme (Euro NCAP); Moving Forward: 2010-2015 Strategic Roadmap; 2009
- Financial Times; Detroit: Not Joining the Green Revolution, Then; 13 de abril de 2010.

- Hashimoto, S.; Recent Trend of Automotive Steel Sheet in Japan and USA; 2005
- Horvath, C.; Material Challenges Facing the Automotive and Steel Industries from Globalization; 2007
- Ichida, T.; Nishiyama Memorial Seminar; ISIJ; 1985
- IISI; New Steels are Key Enablers of Tomorrow's Safe, Affordable, Fuel Efficient Vehicles; 2002
- IPCC; Informe de Síntesis sobre Cambio Climático 2007; 2008
- Kawasaki Steel 21st Century Foundation; 2003
- Korson, C.; Stratton, D.; An Integrated Automotive Roof Module Concept: Plastic-Metal Hybrid and Polyurethane Composite Technology; 2005
- Lazzari, S. (Centro Ricerche Fiat); Life Cycle Management of a Vehicle Component or Sub-System; ARCELOR SYMPOSIUM, Cannes 2005
- Maggi, S.; The Use of Advanced High Strength Steel Sheets in the Automotive Industry; 2006
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino – Gobierno de España
 - URL: www.marm.es
- Mohrbacher, H.; Modern Steel Grades and Advanced Steel Semi-Products for Automotive Body Applications; 2005
- Normas DIN EN 10152
- Normas DIN EN 10268
- Normas DIN EN 10292
- Normas DIN EN 10327
- Normas SAE J2329
- Normas SAE J2340
- Normas WSB M1A215
- Normas WSB M1A312
- Normas WSD M1A333
- Normas WSD M1A341
- Normas WSS M1A333
- Normas WSS M1A341
- Normas WSS M1A345
- Normas WSS M1A347
- Smallman, R. y Bishop, R.; Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering; Sixth Edition; 1999
- SMMT 2001 Report; 2001

- SteelUniversity:
 - URL: www.steeluniversity.org
- Tisel Lackiertechnik AG:
 - URL: www.tisel.ch/spa/chisiamo.htm
- TKS; Reaching Goals Together; 2008
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA); LCA 101; 1993
- WorldAutoSteel:
 - URL: www.worldautosteel.org
- WorldAutoSteel; Advanced High Strength Steel (AHSS) Application Guidelines; 2009
- WorldAutoSteel Report; Automotive steel performance advantages – Why steel is still the right choice?; 2008
- Yamato, K.; Nishiyama Memorial Seminar; ISIJ; 1991

ANEXOS

Anexo I

A continuación, se explicarán algunos de los índices utilizados en el marco del Euro NCAP:

- Protección de los Adultos Ocupantes: La Protección de los Adultos Ocupantes fue, junto con la Protección de los Peatones, el primer índice adoptado por el Euro NCAP. Se asignan puntos en los Ensayos de Impacto “Frontal”, “Lateral” y “Lateral contra un Poste”. Se emplean modificaciones para abarcar distintas texturas físicas y distintas ubicaciones en el habitáculo, particularmente para la zona de contacto de la rodilla con los paneles. El puntaje de este índice se completa con el resultado de la prueba de latigazo cervical (*whiplash*) que se realiza por separado en el conductor o el asiento del pasajero.



Figura A I.1. Símbolo para “Protección de los Adultos Ocupantes”
Fuente: Euro NCAP

- Protección de los Niños Ocupantes: Desde sus orígenes, el programa Euro NCAP ha llevado a cabo evaluaciones de la seguridad de los niños ocupantes, para asegurar que los fabricantes de automóviles tomen en consideración a los pasajeros menores. En noviembre de 2003, el Euro NCAP presentó el índice en cuestión con el objeto de proporcionar a los consumidores información más clara sobre los resultados de estas pruebas. Para realizar esta evaluación, se emplean muñecos (*dummies*) del tamaño de niños de 18 meses y 3 años, evaluados en ensayos de Impacto Frontal y Lateral. Además de estudiar los resultados de los ensayos de impacto, el Euro NCAP verifica la claridad de las instrucciones y la instalación del asiento en el vehículo para asegurar que el asiento se puede montar de manera segura.



Figura A I.2. Símbolo para “Protección de los Niños Ocupantes”
Fuente: Euro NCAP

- Protección de los Peatones: El Euro NCAP considera que si las terminales automotrices realizaran un mayor esfuerzo, se salvarían muchas vidas de peatones, además de eliminarse los efectos emocionales traumáticos que enfrentan muchos conductores cada año, al haber herido de gravedad o muerte a un peatón. Al adoptar este índice, el Euro NCAP tiene como objetivo fomentar mejoras en las prestaciones del vehículo en cuanto a estas características. Las puntuaciones para este índice consideran las posibles lesiones causadas a la cabeza y piernas tanto de adultos como niños.



Figura A I.3. Símbolo para “Protección de los Peatones”
Fuente: Euro NCAP

- Asistencia a la Seguridad: La adopción de este índice permite tomar en consideración los sistemas de asistencia al conductor y tecnologías de seguridad activa. Estas tecnologías tienen un rol cada vez más importante en la prevención de accidentes y mitigación de daños. El Euro NCAP recompensa a los fabricantes por el montaje de control electrónico de estabilidad, además de brindar puntos por contar con dispositivo de limitación de velocidad y alarmas inteligentes para el cinturón de seguridad.



Figura A I.4. Símbolo para “Asistencia a la Seguridad”
Fuente: Euro NCAP

Anexo II

A continuación, se explicarán algunos de los ensayos realizados por el Euro NCAP y cómo se conforman los índices de seguridad.

- Impacto Frontal:

Esta prueba está basada en una normativa similar desarrollada por el *European Enhanced Vehicle-safety Committee* (“Comité Europeo para la Potenciación de la Seguridad de Vehículos”). El Euro NCAP aumentó la velocidad de impacto en 8 km/h, llevándola así a 64 km/h.

En esta prueba, el auto impacta una barrera deformable que se encuentra no alineada con el eje del vehículo, como se muestra en la siguiente figura.

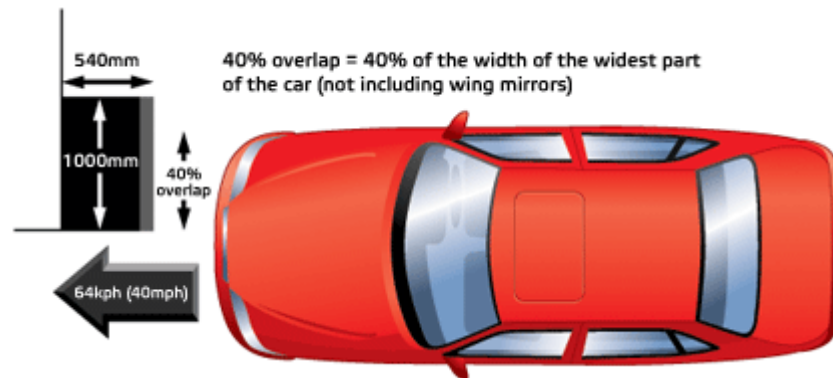


Figura A II.1. Ensayo de Impacto Frontal
Fuente: Euro NCAP

Se toman lecturas de los muñecos (*dummies*) que se colocan en el habitáculo y se las utiliza para evaluar el índice “Protección de los Adultos Ocupantes”.

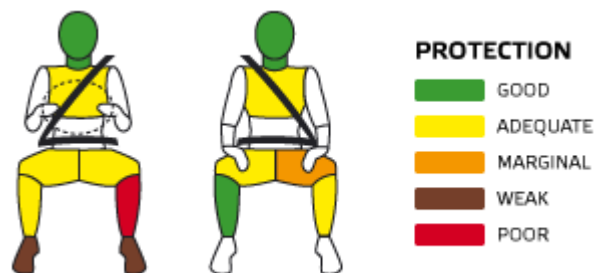


Figura A II.2. Representación de Resultados del Ensayo de Impacto Frontal
Fuente: Euro NCAP

Cada automóvil ensayado de esta forma, impacta contra un bloque que está fijo al suelo y está dotado de una cara compuesta por aluminio en forma de estructura de panal de abejas (*honeycombs*) deformable. Con este impacto, se busca representar el tipo de accidente de carretera más frecuente, que suele traer aparejado consigo lesiones graves o mortales.

Este ensayo simula una colisión frontal de un automóvil contra otro de masa similar. Dado que la mayoría de los choques frontales involucran solamente una fracción de la parte delantera del vehículo, en el protocolo del ensayo se especifica que debe hacerse que un 40% del frente del automóvil impacte contra la barrera. La cara de la barrera es deformable para representar la naturaleza propia en cuanto a deformación de los materiales de los vehículos. Esta prueba representa fielmente la capacidad del automóvil para soportar el impacto sin sufrir intrusiones en el habitáculo.

La principal causa de lesiones graves y mortales es el contacto entre el ocupante y las piezas o partes que ingresan al habitáculo como consecuencia de la colisión. La velocidad de 64 km/h utilizada en la prueba representa una colisión automóvil-automóvil en la que cada uno se encuentra viajando a aproximadamente 55 km/h. Esta diferencia en las velocidades se debe a la energía absorbida por la cara deformable de la barrera.

El proceso de investigación de accidentes ha demostrado que la velocidad de impacto adoptada cubre un gran porcentaje de los accidentes serios y fatales. Si se impide la intrusión en el habitáculo, luego, se minimizan las probabilidades de que el ocupante impacte contra el interior de automóvil, permitiendo que quede espacio para que el cinturón de seguridad opere eficientemente.

- Impacto Lateral:

El segundo ensayo en orden de importancia es el de Impacto Lateral entre dos automóviles. El Euro NCAP simula este tipo de choque utilizando una barrera móvil deformable, la cual impacta la puerta del conductor a una velocidad de 50 km/h. Se realiza la evaluación de las posibles lesiones mediante la utilización de un muñeco (*dummy*) ubicado en el asiento del conductor.

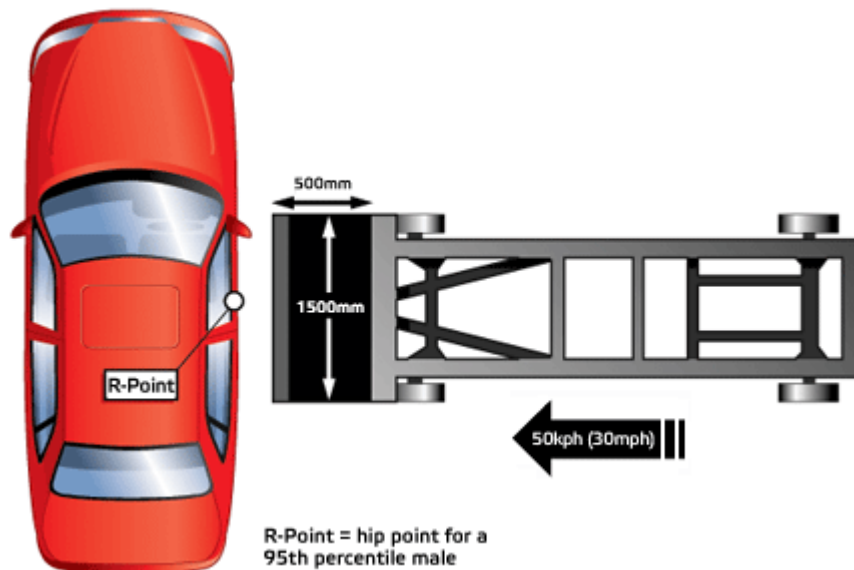


Figura A II.3. Ensayo de Impacto Lateral
Fuente: Euro NCAP

Si bien resulta difícil juzgar el nivel de protección brindado contra el grado de intrusión en el habitáculo, es importante controlar la forma en que el lateral del auto deflecta hacia dentro del vehículo. En el tiempo en que se ha estado desarrollando este programa, el Euro NCAP ha detectado importantes mejoras en los resultados de las pruebas de impacto lateral.

- Protección de los Niños Ocupantes:

El Euro NCAP alienta a los fabricantes de automóviles a asumir la responsabilidad de proteger a los niños ocupantes y proporcionar instalaciones adecuadas para el montaje de sistemas de retención para niños. A través del Euro NCAP se han logrado diseños mejorados y la instalación de montajes tipo ISOFIX, junto con sistemas de retención para niños. El ISOFIX proporciona un método mucho más seguro para la fijación del asiento de seguridad del niño al coche, siempre y cuando se tomen las precauciones adicionales para evitar la rotación del asiento de seguridad del niño, debida a la compresión del asiento y el rebote. Con ello, se minimiza la probabilidad de que el niño impacte contra el interior del vehículo.

En los ensayos de Impacto Frontal y Lateral, se colocan muñecos (*dummies*) que representan a niños de 18 meses y 3 años de edad en la parte trasera del automóvil en algún tipo de sistema de retención para niños recomendado por el fabricante del vehículo. La puntuación depende de la respuesta dinámica de este sistema en ambas pruebas, y además de las instrucciones para el montaje del sistema en cuestión, etiquetas de advertencia en los *airbags*, y la capacidad del coche para colocar los sistemas de retención para niños en forma segura.

Entre noviembre de 2003 y enero de 2009, el Euro NCAP ha dado un índice por separado para cuantificar la Protección de los Niños Ocupantes. Como ya se ha mencionado, este índice refleja la combinación de un vehículo y los asientos específicos para niños que han sido específicamente recomendados por el fabricante del automóvil. A partir de 2009, el índice anterior se ha convertido en *input* del sistema de calificación general; sin embargo, no ha habido modificaciones en su evaluación técnica.

- Protección de los Peatones:

Distintas pruebas son llevadas a cabo para reproducir accidentes que involucren a peatones adultos y niños, en los que el impacto sucede a una velocidad de 40 km/h. Una vez realizado el ensayo, se evalúan los sitios de impacto y se los califica como buenos, débiles o pobres. Como sucede con otras pruebas, estos ensayos se basan en las directrices del *European Enhanced Vehicle-safety Committee* (“Comité Europeo para la Potenciación de la Seguridad de Vehículos”).

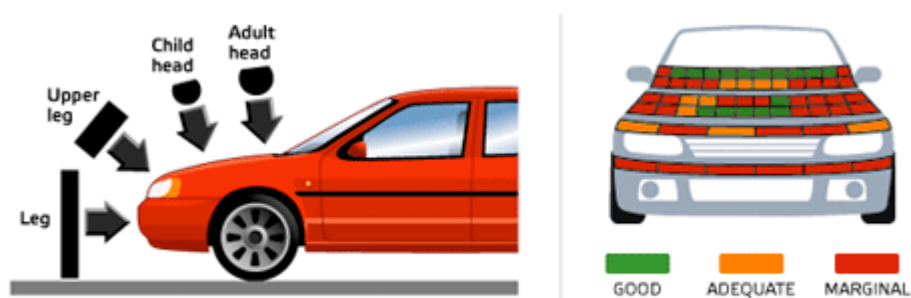


Figura A II.4. Ensayo de Protección de los Peatones
Fuente: Euro NCAP

Resulta muy difícil evaluar la Protección de los Peatones utilizando un muñeco (*dummy*) entero. Si bien es posible controlar el punto de impacto del paragolpes contra la pierna del peatón, es imposible controlar el lugar donde golpeará la cabeza del muñeco (*dummy*). Para evitar este problema, se recurre a pruebas individuales. De esta manera, se evalúan las siguientes partes del cuerpo, en función de las partes del automóvil:

- Parte inferior de la pierna, con respecto al paragolpes.
- Parte superior de la pierna, con respecto al borde delantero del capó.
- Cabeza (tanto de Niños como de Adultos), con respecto a la parte superior del capó.

Es posible aumentar el grado de protección utilizando paragolpes que se deformen al impactar la pierna de un peatón. La protección brindada mejora por dos aspectos: que la pierna sea impactada muy por debajo de la rodilla, y que las fuerzas del impacto se vean distribuidas en una mayor sección de la pierna.

En cuanto al borde delantero del capó, se pueden realizar mejoras para la protección de los peatones si se quitan las estructuras rígidas innecesarias.

Para proteger la cabeza de los peatones, la parte superior del capó debe ser capaz de deformarse. Luego, resulta importante que quede suficiente espacio libre por sobre las estructuras rígidas debajo del capó, para no interferir en la deflexión.

Entre 1997 y 2009, el Euro NCAP ha dado un índice por separado para cuantificar la Protección de los Peatones. Desde sus inicios, este índice se compone como se detalló con anterioridad (parte inferior de la pierna, parte superior de la pierna, cabeza (niños y adultos)). A partir de 2009, el índice anterior se ha convertido en *input* del sistema de calificación general; sin embargo, no ha habido modificaciones en su evaluación técnica.