

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Programa de Doctorado en Minería, Obra Civil, Medioambiente y Dirección de
Proyectos

DISEÑO DE PROTECTOR CRANEAL CON CARACTERÍSTICAS DE SEGURIDAD AVANZADAS

TESIS DOCTORAL

Autor:

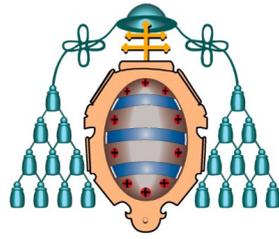
Marcos Cueto Cuiñas

Directores:

Valeriano Álvarez Cabal

Joaquín Villanueva Balsera

2012



Copyright © <2012> El autor

Todos los derechos reservados

A mi abuelo Balidio

Agradecimientos

Condensar en unas pocas líneas mi agradecimiento por todo el apoyo recibido para la elaboración de este trabajo no es una tarea sencilla. El resultado tampoco podrá ser completo, ni justo con todos aquellos que de alguna manera me han acompañado en esta aventura. Por lo tanto, en primer lugar, he de disculparme por todas las personas que no menciono, pero que siempre han estado a mi lado.

A pesar de lo anterior, me gustaría señalar específicamente a Fran, director del área de proyectos de ingeniería, por sus consejos, muchos de ellos desde la amistad, por su dedicación, su paciencia, sus ánimos para enfrentarme a lo imposible, su confianza en mí a lo largo de todos estos años y por ser el espejo en el que, como ingeniero, me gustaría verme reflejado algún día.

También tengo mucho que agradecer a mis directores de tesis, Valer y Joaquín no solo por guiarme, sino por todo el tiempo compartido a través de varios proyectos, su amable dedicación para enseñarme y para responder una y mil veces a cuantas cuestiones les he planteando de forma impaciente.

Debo mencionar también a todos los compañeros de trabajo que tengo y he tenido, cuya relación me ha enriquecido sustancialmente a nivel laboral, pero sobre todo a nivel personal. Men Itiz Javi, Fer, Marta, Berto, Irene, gracias por el tiempo compartido.

El ánimo para superar los tiempos difíciles, la confianza, el positivismo, la alegría, los buenos momentos y la fortaleza para enfrentarme a este trabajo no sería posible sin el apoyo de los amigos, que poseo como un tesoro, y también de los que se han ido y los que vendrán. Gracias especialmente a Berto, Manu, Fer y Eu por hacer que todo sea mucho más fácil.

A las buenas personas con las que también comparto mis ratos y que son artesanos de grandes momentos: Ani, Juan, Ana, Pablín, Jose, Pablo e Isa.

Mi especial agradecimiento a los que siempre, de forma incondicional, han estado conmigo. Gracias papá y mamá por vuestra dedicación, sacrificios, cuidado y cariño constante; por haberme dado dos hermanos increíbles con los que he explorado el mundo y sin los que no podría entender mi vida. Gracias a sus familias y a sus pequeños, que toman el testigo de nuestra infancia y acaparan nuestro afecto.

...y sobre todo al Amor de mi vida, Sonia,

que me acompaña, muy cerquita, acurrucada justo a mi lado, descubriendo el camino.

Resumen

Los equipos de protección craneal son elementos defensivos ampliamente utilizados para el desarrollo de múltiples trabajos y actividades de ocio.

Desde el punto de vista de la seguridad, el casco integral es el mejor dispositivo para proteger la cabeza de una persona frente a una colisión frontal o fronto-lateral. Sin embargo, los cascos de tipo abierto, en los que la zona delantera está despejada dejando expuesta la cara del usuario, son empleados intensivamente en varias aplicaciones. Respecto a las otras tipologías, los cascos abiertos presentan varias ventajas entre las que se destacan la mejor visión periférica, el confort, la ventilación, el volumen que ocupan, la apariencia estética, la funcionalidad o el peso reducido. A parte de estas ventajas, hay multitud de aplicaciones en las que los usuarios necesitan tener el cráneo protegido, incluyendo la parte occipital y temporal, pero además requieren que la zona frontal esté libre de obstáculos para desempeñar sus labores adecuadamente, como por ejemplo en los equipos de protección civil, bomberos, fuerzas de seguridad del estado o motociclistas.

A pesar de su utilidad, los cascos de tipo abierto presentan un gravísimo problema relacionado con su capacidad defensiva en caso de un accidente con impacto frontal. Los datos indican que en un tercio de los accidentes se produce un impacto directo en la zona de la mandíbula, y esta zona no está protegida por un casco de tipo abierto.

Por otra parte, se ha podido constatar que en las metodologías de diseño de nuevos productos apenas se contemplan aspectos relacionados con la protección de resultados de investigación, y que cuando se hace, lo es de forma anecdótica, tratándolo como un resultado adicional (y probablemente fortuito) del proyecto. Estas aproximaciones resultan en la creación de productos poco competitivos y fácilmente imitables, o en el peor de los casos que no pueden ser comercializados por infringir derechos de terceros.

En esta tesis se propone un método para el diseño de un protector craneal de características de seguridad avanzadas de tipo abierto en el que se considera la patentabilidad de los conceptos inventivos, con el ánimo de protegerlos adecuadamente, o al menos asegurar su viabilidad respecto a las invenciones de terceros. En el método que se ha llevado a la práctica, los criterios de patentabilidad cobran protagonismo desde las fases de creación de ideas, al mismo nivel que los

criterios tradicionalmente considerados en este tipo de proyectos (ergonomía, funcionalidad, estética, etc.).

El resultado del este proceso creativo es un nuevo concepto de casco que ha sido patentado y que permite utilizar un casco de tipo abierto manteniendo todas sus ventajas, con la seguridad de que en caso de accidente, la cara del usuario estará protegida. Mediante un sistema de seguridad que solo actúa en caso de colisión, se consigue amortiguar el impacto y retener la cabeza, reduciendo drásticamente las probabilidades de sufrir lesiones graves o incluso la muerte. Aunque la idea principal es única, se ofrecen múltiples realizaciones preferidas (*embodiments*) que detallan varias propuestas de funcionamiento

Para validar la propuesta conceptual, se ha desarrollado una de estas realizaciones preferidas, en la que no se necesitan baterías, hasta un nivel muy cercano a la ingeniería de detalle. Dentro de este desarrollo se realiza una propuesta pormenorizada de los diferentes subsistemas que componen la invención, proposiciones de fabricación y directrices de desarrollo y perfeccionamiento que conducen a la puesta en práctica de la tecnología patentada.

Abstract

Head protective equipments are defensive elements widely used to perform multiple kinds of jobs and leisure activities.

From the point of view of safety, a full face helmet is the best device for protecting the head of a person involved in an accident with a frontal or front-side collision. However, the open-face type helmet, in which the user's face is exposed, is used extensively in various applications. Regarding the other types, open face helmets have several advantages. The ones highlighted are the best peripheral vision, comfort, ventilation, low volume occupied, aesthetics, functionality and reduced weight. Apart from these advantages, there are many applications where users need to have protected the skull, including the occipital and temporal bones, but also require that the frontal area is clear of obstacles to do their job properly. Some of these applications are civil protection, firefighting, defense or motorcycling.

Despite its utility, open face type helmets have a serious problem related with its defense capabilities when a direct frontal impact occurs. The data shows that in one third of accidents a direct hit in the jaw area happens. And this area is not protected by an open face helmet.

Moreover, it has been shown that in the methodologies to design new products barely cover aspects related to the protection of research results, and that when it does, it is anecdotally, treating it as an additional consequence (and probably fortuitous) of a project. These approaches result in the creation of uncompetitive products and easily imitated, or in the worst case, that can't be marketed for infringement of third party rights.

This thesis proposes a method for designing a new open type head protective device with advanced security features which considers the patentability of the inventive concepts. One of the main goals of this method is to obtain a feasible product, and protecting it adequately, or at least ensure its viability over the inventions of others. This method has been implemented, taking the patentability criteria in the indicial stages of creativity whit the same level of importance as the criteria traditionally considered in such projects (ergonomics, functionality, aesthetics, etc.). So the patentability criterion defines the final proposal with the same intensity than others.

The result of this creative process is a new patented concept which allows you use an open face type helmet keeping all its advantages, with the peace of mind that in case of accident, the user's face will be protected. A security system which only works in case of a collision holds and protects the user's head reducing drastically the chances of an injury and may also save his life. Although the main idea is unique, there are many different preferred embodiments detailing several proposals of operation

To validate the conceptual proposal, one of these preferred embodiments, which is independent of batteries, has been developed to a level very close to the detailed engineering. Within this development, a detailed proposal of the various subsystems that compose the invention is done, as well as manufacturing suggestions and guidelines for further development and improvement, leading to the implementation of the patented technology.

Lista de acrónimos

DOT	Norma FMVSS 218 publicada por el <i>US Department Of Transport</i>
SNELL	Norma M2010 publicada por la <i>SNELL memorial foundation</i>
ECE	Norma ECE R22-05 publicada por la Comisión Económica para Europa
HIC	<i>Head Injury Criterion</i> recogido en la norma ECE R22-05
RAAC	Real Automóvil Club de Cataluña
COST	Informe “ <i>Motorcycle safety helmets. COST 327</i> ”
MAIDS	Informe “ <i>Motorcycle Accident In Depth Study</i> ”
EPO	<i>European Patent Office</i>
WIPO/OMPI	<i>World Intellectual Property Organization/Organización Mundial de la Propiedad Intelectual</i>
TRIZ	Teoría para Resolver Problemas de Inventiva
PMMA	Polimetilmetacrilato
OEPM	Oficina Española de Patentes y Marcas
PCT	<i>Patent Cooperation Treaty</i>
IET	Informe sobre el Estado de la Técnica
ISR	<i>Interational Search Report</i>
ABS	Acrilonitrilo Butadieno Estireno
EPS	Poliestireno expandido
FRC	<i>Fiber Reinforced Polimer</i>
PTFE	<i>Polytetrafluoroethylene</i>
PMMA	<i>Poly(methyl methacrylate)</i>
PVC	Poli(cloruro de vinilo)
ISO	Organización Internacional de Normalización
AEF	Análisis de Elementos Finitos
CAD	Diseño asistido por computadora

GFRP	<i>Glass Fiber Reinforced Polymer</i>
CRFP	<i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i>
SMC	<i>Sheet Molding Compound</i>
BMC	<i>Bulk Molding Compound</i>

Índice general

1	Introducción.....	1
1.1	Génesis	1
1.2	Definición del problema	4
1.3	Estrategias de diseño.....	6
1.4	Contenido	10
2	Estado del arte.....	13
2.1	Evolución histórica del diseño de cascos.....	14
2.2	Anatomía de la cabeza	17
2.3	Función del casco.....	19
2.4	Aspectos regulatorios y campos de aplicación.....	21
2.4.1	Cascos de protección para trabajadores.....	21
2.4.2	Normas de referencia en seguridad vial.....	24
2.5	Tipos de cascos	26
2.5.1	Cascos abiertos	26
2.5.2	Cascos cerrados o integrales	29
2.5.3	Cascos modulares	30
2.5.4	Comparativa entre los diversos tipos de cascos	31
2.6	Nuevos avances en protección craneal	34
2.7	Conclusiones.....	35
3	Hipótesis de trabajo	37
4	Metodología	39
4.1	Introducción.....	39
4.1.1	La importancia de la protección de los resultados de investigación	39
4.1.2	El problema de la patentabilidad.....	42
4.1.2.1	Novedad.....	43
4.1.2.2	Actividad inventiva.....	43
4.1.2.3	Aplicación industrial	45
4.2	Propuesta metodológica	45

4.2.1	Definición del problema	47
4.2.2	Criterios de diseño.....	48
4.2.3	Propuesta inventiva.....	48
4.2.4	Examen de patentabilidad.....	50
4.2.4.1	Reducción	52
4.2.4.2	Generalización.....	53
4.2.4.3	Combinación.....	54
4.2.5	Mapa de reivindicaciones	55
4.2.6	Patente.....	57
4.2.7	Desarrollo de las realizaciones preferidas de interés y su materialización	57

5 Nuevos conceptos inventivos para la protección mandibular en cascos abiertos..... 59

5.1	Criterios de diseño	59
5.2	Primera iteración. Propuesta inventiva de partida.....	60
5.3	Examen de patentabilidad.....	61
5.3.1	Vigilancia tecnológica. Patentes como fuente de información	61
5.3.2	Reducción.....	62
5.4	Iteraciones intermedias.....	64
5.5	Examen de patentabilidad.....	66
5.5.1	Reducción.....	66
5.5.2	Generalización.....	68
5.5.3	Combinación	69
5.6	Propuesta inventiva definitiva	70
5.6.1	Reivindicación principal de la invención.....	71
5.6.2	Realizaciones preferidas de la invención	73
5.6.3	Ejemplos de realizaciones preferidas	77
5.6.3.1	Ejemplo 1.....	78
5.6.3.2	Ejemplo 2.....	78
5.6.3.3	Ejemplo 3.....	79
5.6.3.4	Ejemplo 4.....	80
5.6.3.5	Ejemplo 5.....	81
5.6.3.6	Ejemplo 6.....	82
5.6.3.7	Ejemplo 7.....	83
5.6.3.8	Ejemplo 8.....	84

5.6.4	Ejemplos de funcionamiento de algunas realizaciones preferidas.....	85
5.6.4.1	Modo de funcionamiento con elastómero + gatillo + espuma	86
5.6.4.2	Modo de funcionamiento con medios de inflado + gatillo + bolsas inflables	88
5.7	Mapa de reivindicaciones.....	90
5.8	Patente.....	92
6	Desarrollo de una realización preferida. Propuesta de diseño.	94
6.1	Introducción.....	94
6.2	Objeto	97
6.3	Diseño y cálculo del sistema estructural de protección	100
6.3.1	Alcance del diseño específico	100
6.3.2	Proceso del diseño específico	101
6.3.2.1	Selección de materiales.....	103
6.3.2.2	Establecimiento del criterio experimental.....	103
6.3.2.3	Diseño de componentes.....	104
6.3.3	Preselección de materiales.....	104
6.3.3.1	Materiales empleados en la construcción de cascos	105
6.3.3.2	Preselección de familias y grupos de materiales.....	107
6.3.4	Bases de cálculo y simulación.....	114
6.3.4.1	Norma de referencia.....	114
6.3.4.2	Ensayos según ECE R22.05 aplicando el Análisis de Elementos Finitos (AEF)	116
6.3.4.3	Diseño e implementación del ensayo a partir de ECE R22.05. Definición del modelo físico.....	119
6.3.4.4	Condiciones de contorno en el modelo en el AEF	124
6.3.4.5	Cálculo de la fuerza de impacto	126
6.3.4.6	Validación del ensayo y simulación en un casco integral.....	131
6.3.5	Diseño del sistema con protectores desplegados	136
6.3.5.1	Diseño conceptual.....	137
6.3.5.2	Límites formales del modelo.....	141
6.3.5.3	Propuesta de prototipo	144
6.3.5.4	Ensayo y resultados del prototipo.....	154
6.3.5.5	Rediseño del prototipo y propuesta definitiva.....	169
6.3.5.6	Estrategias de fabricación.....	178
6.3.5.7	Ensayo y validación de la propuesta definitiva	188

6.4	Propuesta de prototipos del sistema impulsor, sensorial y de amortiguamiento	197
6.4.1	Alcance y Proceso de diseño específico	197
6.4.2	Prototipo del sistema impulsor y del sistema de amortiguamiento	197
6.4.2.1	Detonador	201
6.4.2.2	Propelente	202
6.4.2.3	Contenedores	206
6.4.3	Prototipo del sistema sensorial.....	209
6.4.3.1	Barra	210
6.4.3.2	Transmisor.....	210
6.4.3.3	Sensor.....	211
6.5	Resultado final acoplado.....	217
7	Conclusiones y líneas de futuro	221
7.1	Conclusiones.....	221
7.2	Líneas de futuro	224
8	Bibliografía	229
	Anexo I Aspectos relacionados con la protección.....	I
	Anexo II Reivindicaciones de la invención.....	XXI
	Anexo III Familia de patentes.....	XXIX
	Anexo IV Informes sobre el estado de la técnica.....	XXXIII

Índice de figuras

Ilustración 1 En la parte superior, biela-manivela-rueda de Pickard. En la parte inferior, sistema de sol y planeta de Watt	3
Ilustración 2 Casco corintio del siglo cuarto antes de nuestra era	14
Ilustración 3 Evolución del diseño de los cascos militares durante la Edad Media [30]..	15
Ilustración 4 Estructura craneal y del cerebro [21]	17
Ilustración 5: Principales huesos de la cara.....	19
Ilustración 6 Componentes básicos de un casco [21]	20
Ilustración 7 Marcado de un casco comercial según ECE R22-05. La letra P indica que protege la zona mandibular.....	25
Ilustración 8 Casco tipo Jet.....	27
Ilustración 9 Casco tipo Semi-jet	28
Ilustración 10 Casco tipo half helmet.....	28
Ilustración 11 Casco integral.....	29
Ilustración 12 Casco modular en posición abierta (izquierda) y cerrada (derecha)	30
Ilustración 13 Distribución de los puntos de impacto en accidentes de motocicleta [23]	33
Ilustración 14 Gráfico con la evolución de solicitudes de patente. WIPO/OMPI 2009, con especial relevancia de China.....	40
Ilustración 15 Solicitud de patente por millón de habitantes La flecha señala España. WIPO/OMPI 2009.....	41
Ilustración 16 Metodología	47
Ilustración 17 Casco de rugby que anticipa el visor, la carcasa y la barra	63
Ilustración 18 Boceto de la invención con protectores	66

Ilustración 19 Boceto de la propuesta inventiva definitiva	72
Ilustración 20 Realización preferida. Ejemplo 1	78
Ilustración 21 Realización preferida. Ejemplo 2	79
Ilustración 22 Realización preferida. Ejemplo 3	80
Ilustración 23 Realización preferida. Ejemplo 4	81
Ilustración 24 Realización preferida. Ejemplo 5	82
Ilustración 25 Realización preferida. Ejemplo 6	83
Ilustración 26 Realización preferida. Ejemplo 8	84
Ilustración 27 Realización preferida. Ejemplo 8	85
Ilustración 28 Mapa de reivindicaciones.....	91
Ilustración 29 Realización preferida de la invención.....	95
Ilustración 30 Esquema de subsistemas y su relación antes de un impacto. Rojo: sistema estructural de protección plegado. Amarillo: sistema impulsor. Azul: sistema sensorial. Verde: sistema de amortiguamiento plegado.....	97
Ilustración 31 Proceso de diseño específico del sistema estructural de protección	102
Ilustración 32 consideraciones en el diseño de materiales	104
Ilustración 33 Casco de moto con calota de plástico deteriorada tras un accidente.	106
Ilustración 34 Gráfico Ashby para optimizar la rigidez. Las líneas usadas para el diseño son continuas	111
Ilustración 35 Gráfico Ashby para optimizar la resistencia. Las líneas para el diseño son continuas	112
Ilustración 36 Modelo simplificado básico para su ensayo.....	119
Ilustración 37 Componentes típicos de un casco integral según ECE R22.05.....	120
Ilustración 38 Puntos de impacto a ensayar. B (azul), X (verde), P (negro), S (naranja)	121
Ilustración 39 Maquina de ensayo sugerida por la norma.....	122

Ilustración 40 Plano de simetría del modelo	124
Ilustración 41 Simplificaciones geométricas del modelo	125
Ilustración 42 Comportamiento típico de la fuerza de impacto a 2.59 m/s en un casco de motocicleta con una cabeza de 4.77 kg [69]	129
Ilustración 43 Vector de la Fuerza de impacto	131
Ilustración 44 Modelo con guía. Virtualmente, la guía se extiende el plano de simetría infinitamente.....	132
Ilustración 45 Modelo empotrado en su extremo posterior, con la carga aplicada	132
Ilustración 46 Distribución de elementos en malla.....	133
Ilustración 47 Distribución de la tensión de Von Mises. En azul, tensiones mínimas. En rojo, tensiones máximas	134
Ilustración 48 Distribución de desplazamientos	136
Ilustración 49 Vista inferior de un casco abierto. Los límites formales en los que deben funcionar los protectores son complejos.....	137
Ilustración 50 Diseño conceptual del sistema.....	139
Ilustración 51 Diseño conceptual del sistema de despliegue.....	140
Ilustración 52 Planos y superficies límite del sistema	143
Ilustración 53 Espesor del relleno de protección en dos modelos de casco.....	144
Ilustración 54 Boceto de anchuras, espesores, y sistema de engarce	146
Ilustración 55 Construcción del modelo – prototipo. Vista inferior.....	148
Ilustración 56 Construcción del prototipo y detalle del protector B	148
Ilustración 57 Protector B en prototipo. Perspectiva, frontal y perfil	149
Ilustración 58 Protector A en prototipo. Detalle de resalte interno. Perfil, frontal y posterior, y perspectiva	150
Ilustración 59 Caja en prototipo. Perfil, frontal y posterior, y perspectiva.....	151

Ilustración 60 Barras de refuerzo (mitad). Perfil, frontal y perspectiva posterior.	152
Ilustración 61 Vistas del prototipo - probeta de ensayo	153
Ilustración 62 Perfil del prototipo - probeta de ensayo. Arriba, con los protectores desplegados y debajo con algunas partes translúcidas para verlos plegados.	154
Ilustración 63 Prototipo casi al completo confinado dentro de la superficie límite externa. A la derecha, ejemplo de engarce mecánico entre el protector A y la caja	154
Ilustración 64 Modelo del prototipo, empotrado en su extremo posterior, con toda la carga aplicada en el extremo frontal	156
Ilustración 65 Distribución de elementos en el modelo de ensayo del prototipo	161
Ilustración 66 Coeficiente de seguridad en el prototipo. Cara interna	162
Ilustración 67 Coeficiente de seguridad en el prototipo. Cara externa	163
Ilustración 68 Desplazamientos máximos en el prototipo	163
Ilustración 69 Tensiones de Von Mises en las barras de refuerzo. Prototipo.....	164
Ilustración 70 Tensiones de Von Mises en la caja. Prototipo.....	166
Ilustración 71 Tensiones de Von Mises en el protector A. Prototipo	167
Ilustración 72 Tensiones de Von Mises en el protector B. Prototipo	168
Ilustración 73 Propuesta final del sistema resistente confinado dentro de la superficie límite de la carcasa y visor. A la izquierda solo se muestra una de las cajas. A la derecha, unos protectores están desplegados y los del otro lado no.	169
Ilustración 74 Barras de la propuesta definitiva.....	170
Ilustración 75 Caja de la propuesta definitiva. Varias vistas	172
Ilustración 76 Vista traslúcida de la caja con los huecos	173
Ilustración 77 Sistema estructural de protección definitivo.	177
Ilustración 78 Tamaño de los lotes recomendables según el proceso de fabricación.	179
Ilustración 79 Formas de la pieza vs método de fabricación	181

Ilustración 80 Carrete apto para fabricar por bobinado de firmamentos, las barras y el protector A. La línea media punteada es el eje de giro.....	182
Ilustración 81 Esquema del proceso de moldeo por transferencia de resina.....	183
Ilustración 82 Rugosidad y tolerancias obtenibles mediante varios métodos de fabricación de <i>composites</i>	184
Ilustración 83 Unión mecánica por remache de componentes interior a la carcasa, en un casco convencional	185
Ilustración 84 Sistema resistente de protección acoplado a una carcasa de termoplástico	185
Ilustración 85 Protector A subdividido en dos partes para su fabricación por moldeo	186
Ilustración 86 Bloque monocasco que incluye parte del sistema resistente de protección	187
Ilustración 87 Subconjuntos de la caja y de las barras, acoplables al bloque monocasco.	188
Ilustración 88 Modelo de la propuesta definitiva, empotrada en su extremo posterior, con toda la carga aplicada en el extremo frontal.....	189
Ilustración 89 Prototipos intermedios. El primero, de titanio y <i>composite</i> se deforma excesivamente. La deformación del segundo, de <i>composite</i> , es compatible con la funcionalidad.....	190
Ilustración 90 Distribución de elementos en el modelo de ensayo de la propuesta definitiva.....	192
Ilustración 91 Coeficiente de seguridad en la propuesta definitiva. Cara interna.....	193
Ilustración 92 Coeficiente de seguridad en la propuesta definitiva. Cara externa.....	193
Ilustración 93 Tensiones de Von Mises en la propuesta definitiva	194
Ilustración 94 Tensiones de Von Mises en la caja y las barras. Cara interna y externa de la propuesta definitiva.....	195
Ilustración 95 Desplazamientos máximos en la propuesta definitiva.....	196

Ilustración 96 Almohadillas carrilleras como medios de amortiguamiento en un casco integral	198
Ilustración 97 Superficies para la impulsión de los protectores en la parte posterior, y de las bolsas en el agujero de salida	204
Ilustración 98 Contenedores del sistema de impulsión y de amortiguamiento acoplados	207
Ilustración 99 Contenedores del sistema de impulsión y de amortiguamiento. A la derecha, barras agujereadas	208
Ilustración 100 Sistema de impulsión y de amortiguamiento con las bolsas desplegadas sobre los protectores.....	209
Ilustración 101 Barra unida al visor del casco	210
Ilustración 102 Posición del sensor y del detonador	211
Ilustración 103 Boceto del vástago curvo con el percutor enfrentado al detonador ..	211
Ilustración 104 Localización del sensor izquierdo, a continuación de la barra.....	212
Ilustración 105 A la izquierda vista lateral y sección del sensor izquierdo. A la derecha, vista superior y sección.....	212
Ilustración 106 Sensor en un evento de impacto	213
Ilustración 107 Sensor en un evento de impacto, con el vástago liberado	214
Ilustración 108 Activación del sistema impulsor por percusión del detonador.....	214
Ilustración 109 Resortes ortogonales y direcciones de impacto	215
Ilustración 110 Vista parcial de los sistemas. El detonador del sistema de impulsión se mantiene en la trayectoria del percutor, con el vástago curvo guiado.	216
Ilustración 111 Sistema sensorial instalado en la parte inferior de la caja y las barras de sistema estructural de protección	216
Ilustración 112 Casco de tipo abierto con sistema de protección integral.	217
Ilustración 113 Casco de tipo abierto con sistema de protección integral con los sistemas expuestos, sin relleno.....	218

Ilustración 114 Vistas del casco con la protección lateral izquierda desplegada.....	219
Ilustración 115 Secuencia de despliegue del sistema estructural de protección (no se muestra la bolsa inflable)	220

Índice de tablas

Tabla 1 Análisis de reducción.....	52
Tabla 2 Análisis de generalización.....	54
Tabla 3 Análisis de combinación	55
Tabla 4 Ideas para el primer concepto inventivo.....	60
Tabla 5 Estado de la técnica próximo a la invención.....	62
Tabla 6 Análisis de reducción del primer concepto inventivo	62
Tabla 7 Ideas para conceptos inventivos intermedios.....	64
Tabla 8 Análisis de reducción de conceptos inventivos intermedios	66
Tabla 9 Análisis de generalización de conceptos inventivos intermedios.....	68
Tabla 10 Análisis de combinación de conceptos inventivos intermedios	69
Tabla 11 Análisis de reducción de la propuesta inventiva definitiva	71
Tabla 12 Índices de diseño para rigidez	110
Tabla 13 Índices de diseño para resistencia	112
Tabla 14 Comparativa entre test de impacto según diferentes normas.....	115
Tabla 15 Cabeza de ensayo según ECE R22.05	128
Tabla 16 Valores para el cálculo de la fuerza de impacto.....	129
Tabla 17 Propiedades del material de la probeta	133
Tabla 18 Ideas para los protectores	137
Tabla 19 Propiedades del titanio del prototipo.....	157
Tabla 20 Propiedades del <i>composite</i> GFRP 56 % del prototipo	158
Tabla 21 Masa de los componentes de sistema estructural de protección	177

Tabla 22 Propiedades del <i>composite</i> GFRP 56 % de la propuesta definitiva.....	190
Tabla 23 Propiedades del <i>composite</i> CFRP 63 % de la propuesta definitiva.....	191
Tabla 24 Ideas para conceptos del sistema impulsor y de amortiguamiento.....	199

1 Introducción

1.1 GÉNESIS

La sensibilización del autor respecto a la creación de nuevos productos considerando la metodología propuesta proviene de varias experiencias personales y de múltiples fuentes, aunque hay una que sirve especialmente como modelo inspirador para abordar este trabajo y que ha trascendido a los diseños que ha ido creando a lo largo de estos años:

El caso de James Watt

James Watt (1736 – 1819) fue un ingeniero de origen escocés ampliamente reconocido por sus contribuciones al desarrollo de la revolución industrial y más concretamente a la evolución de la máquina de vapor y por extensión a la creación del motor de combustión interna tal como se conoce hoy en día. La unidad de potencia en el Sistema Internacional (*watt* o vatio) lleva su nombre en reconocimiento a su trayectoria.

Una de las invenciones más importantes de este ingeniero fue la creación de una máquina de vapor con un condensador separado. Cuando Watt estaba trabajando en la universidad de Glasgow, gracias a sus conocimientos para reparar y crear instrumentos científicos, tuvo acceso a una máquina Newcomen que pertenecía a la universidad y necesitaba algunos arreglos. Los motores de vapor Newcomen fueron los primeros en ser ampliamente utilizados, y estaban diseñados para el bombeo de agua de las minas, cuyas galerías se inundaban debido a las profundidades alcanzadas en la época. Watt examinó este dispositivo y consiguió que volviera a funcionar (aunque durante poco tiempo). Gracias al estudio de esta tecnología y a los conocimientos que Watt había adquirido de la literatura disponible en el estado de la técnica a lo largo de los años anteriores, se dio cuenta de que la eficiencia del motor Newcomen era muy baja, pues 3/4 de la energía calorífica se desperdiciaba en volver calentar el cilindro que contenía el pistón, que debía enfriarse en cada ciclo de trabajo. Otro defecto localizado era que el empleo de este ciclo térmico hacía que los cilindros acusaran la fatiga, rompiéndose a menudo y haciendo que la durabilidad de todo el dispositivo fuera reducida.

Como ocurre en casi todos los procesos inventivos, la solución le vino repentinamente mientras paseaba, y consistía en la inserción de un condensador frío, separado del cilindro caliente. De esta forma se conseguía mantener el cilindro a una temperatura constante y aumentar considerablemente la eficiencia de la maquina térmica. Para llevar a cabo la materialización del proyecto James Watt se asoció con varias personas, pero fue la relación con Matthew Boulton la que condujo a la puesta en práctica de sus motores. Antes de esta asociación, Watt había logrado la patente sobre la invención gracias a su anterior socio, John Roebuck, el cual por problemas financieros se la traspasó después a Boulton. Curiosamente, el propio Roebuck había construido su fortuna sobre una invención, pues había conseguido crear un nuevo proceso para obtener ácido sulfúrico a gran escala. Sin embargo, al no haber patentado su sistema, no pudo impedir que otros lo imitaran, aunque para entonces ya había desplazado su área de negocios a la producción metalúrgica.

En 1769 Watt obtiene la patente británica GB 913 A.D. 1769 cuyo título era "Un nuevo método para disminuir el consumo de vapor y de combustible en máquinas térmicas" en la cual no se aportaba ningún dibujo y solo comprendía de tres páginas [1]. Aunque la protección inicial conferida por este título era de 14 años, con la ayuda de su socio Boulton, y sobre todo gracias a los contactos de éste en el parlamento británico, en 1775 se le concedió una extensión que ampliaba la descripción de algunos aspectos de la invención y aumentaba el plazo de la protección en 25 años adicionales, hasta el año 1800.

La asociación Watt-Boulton aprovechó el monopolio conferido por la patente para evitar que terceros emplearan su tecnología con el fin de desarrollar y comercializar maquinas de vapor. El hecho de que los perfeccionamientos y alternativas necesitasen obligatoriamente un condensador como el inventado por Watt y que éste se negara a conceder licencias acaparando así la técnica, ha suscitado un debate que se prolonga hasta hoy día sobre si el progreso de la tecnología de vapor fue perjudicada precisamente por uno de sus pioneros [2].

Irónicamente, a pesar de que Watt aprovechó el sistema de patentes para hacer valer su monopolio sobre el condensador, igualmente utilizó su ingenio para evitar las patentes de sus competidores [3]. Cuando Boulton sugirió a Watt aumentar las funcionalidades de su máquina para que ofreciera movimiento rotatorio en vez de únicamente lineal alternativo, Watt llegó a la conclusión de que debía utilizar un sistema biela-manivela-rueda. Sin embargo, este sistema ya había sido patentado (sorprendentemente, pues era conocido desde hacía cientos de años) por James Pickard en 1780. Pickard y sus socios trataron de obtener un acuerdo de licencia

cruzada de patentes (ahora se conoce como pool de patentes), pero Watt se negó en redondo a dejar su tecnología en manos de terceros.

Para superar este inconveniente, Watt utilizó su creatividad (o mejor dicho la de su empleado, el ingeniero William Murdoch) para buscar una alternativa que circunvalase la protección de la patente de Pickard, y que se tradujo en la invención de la transmisión mediante sol y planeta, un dispositivo menos eficiente, pero que servía a los propósitos de sus creadores: procurar una alternativa funcional a la tecnología patentada por otros, que pudieran explotar libremente, y que asimismo patentaron ganando la exclusiva sobre la tecnología (GB 1306 A.D. 1781 "New methods to produce a continued rotation motion").

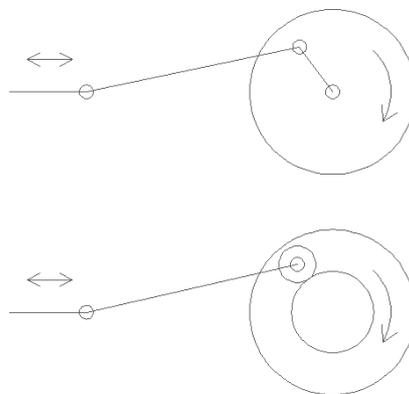


Ilustración 1 En la parte superior, biela-manivela-rueda de Pickard. En la parte inferior, sistema de sol y planeta de Watt

Con este sistema, Watt y su socio consiguieron que su máquina ampliase enormemente su ámbito de aplicación y que fuera utilizable en tareas que requerían un movimiento circular continuo (molienda, telar, mecanizado, etc.). No fue hasta 1794, año en el que la patente de Pickard caducó, que adoptaron el sistema biela-manivela-rueda, que era económica y técnicamente superior al suyo.

Del caso anterior se puede concluir que James Watt utilizó es sistema de patentes como medio de control de la tecnología que había creado, ya que había conseguido proteger sus innovaciones mediante derechos de exclusiva. La existencia de tecnologías patentadas que ya resolvían un problema clave y que garantizaban la comercialización de su propio invento, le hizo tomar una decisión de entre tres escenarios posibles: abandonar el proyecto, obtener una licencia o utilizar estrategias para circunvalar la protección que el sistema de patentes había otorgado a terceros (ahora conocido como *invent around*).

A día de hoy, los datos indican que se solicitan anualmente del orden de dos millones de patentes en todo el mundo [4]. Algunos de sus titulares obtendrán una protección efectiva de sus innovaciones (aproximadamente el 40%) y otros no, pero en cualquier caso todas ellas pasan a formar parte del estado de la técnica junto a la producción científica habitual publicada en libros, revistas y congresos. La posibilidad de que una nueva innovación caiga dentro del alcance de alguna patente no es despreciable. Tampoco lo es el hecho de que una "nueva" innovación en realidad esté anticipada en el estado de la técnica anterior.

Aunque la problemática no es nueva, hoy en día se siguen produciendo resultados de investigación que, tras traducirse en productos comercializables, no pueden ser explotados y resultar rentables debido a la exposición del titular a un litigio por infracción de patente. La mayoría de las veces este fenómeno podría anticiparse e incluso evitarse empleando los procesos de diseño adecuados. Sin embargo la realidad muestra que los métodos de diseño raramente consideran criterios de patentabilidad en las fases iniciales del proyecto.

1.2 DEFINICION DEL PROBLEMA

Una parte importante de la actividad humana, tanto en los aspectos netamente laborales como en su vida privada, trae implícito riesgos de accidente. Todos los trabajos relacionados con transporte, construcción, industria, etc. presentan posibilidad de impacto con elementos fijos o móviles.

El número, tipo y gravedad de cada uno de estos posibles accidentes es tremendamente variable, pero es evidente que existen algunas partes del cuerpo humano que requieren especial protección al desempeñar funciones vitales, como por ejemplo la cabeza.

Hoy en día existen varias soluciones tecnológicas enfocadas a la protección del cráneo y la masa encefálica que alberga, en la forma de cascos protectores con una diversidad de diseño tan amplia como los sectores de aplicación en que los que se utilizan.

Uno de estos tipos de diseño es el casco abierto o tipo Jet que deja al descubierto al menos la parte frontal de la cabeza, incluyendo los ojos, la cara y la mandíbula. Dentro de este tipo de casco existen otras variantes, que incluyen los que además dejan descubiertos los laterales de la cabeza incluyendo las orejas y la parte de la nuca (llamados *Half Helmet*) o los medios cascos. En contraposición a éstos existen

también cascos integrales, que protegen la cabeza incluyendo la parte frontal, dejando una abertura practicable más o menos grande para poder ver. A medio camino entre los cascos abiertos y los cascos integrales, se encuentran los cascos modulares, los cuales se pueden definir como cascos integrales formados por varios módulos o partes y que permiten, mediante una bisagra o un mecanismo de acoplamiento, levantar o retirar el visor y la mentonera para dejar al descubierto la cara del usuario convirtiéndose así en un casco abierto.

Una parte importante de los accidentes referidos se deben al uso de vehículos tanto para uso laboral como personal y, específicamente de vehículos de dos ruedas. En el caso de los usuarios de motocicletas o cuadríciclos, existe una preocupación creciente por parte de las autoridades respecto al elevado número de víctimas y lesionados en accidentes con este tipo de vehículos. Los datos actuales recogidos en las estadísticas de accidentes son extraordinariamente alarmantes a nivel global; así, por ejemplo, los usuarios de la vía pública que circulan en moto y ciclomotor en la Unión Europea sólo representan el 2 % del total, pero sufren el 17 % de los accidentes mortales. Si a este dato se suma que, por ejemplo, entre 2001 y 2007 el número de motos en las carreteras europeas aumentó un 34 %, se puede deducir que la protección adecuada de este tipo de usuarios debe ser un tema prioritario, lo que explica la inclusión de esta tarea en los programas de investigación de las naciones más importantes del mundo, como el Programa Marco de la U.E.

El aumento de usuarios de este tipo de vehículos se puede explicar por las múltiples ventajas que ofrecen, entre las que se encuentran las más prácticas como, por ejemplo, la disminución de los problemas de tráfico y aparcamiento en las ciudades y la economía de estos vehículos frente a los coches. Los gobiernos de varias naciones incluso han modificado sus reglamentos para facilitar el acceso de este tipo de vehículos a un espectro más amplio de la población, como es el caso de varios países europeos donde con la misma licencia para conducir coches se pueden conducir motos de incluso 125 c.c. sin necesidad realizar exámenes adicionales de habilidad sobre el vehículo de dos ruedas.

Si bien el transporte es el sector en el que es más evidente la necesidad del casco protector y su relación con la gravedad de los accidentes, no se debe olvidar la existencia de este mismo problema en muchas otras actividades laborales, incluyendo los cuerpos de seguridad y protección civil, labores de asistencia ciudadana, los sectores forestales y de construcción o muchos de los ámbitos industriales.

1.3 ESTRATEGIAS DE DISEÑO

Hoy en día existen múltiples propuestas para ofrecer procesos de diseño más o menos sistematizados con el fin de obtener nuevos productos con los que fidelizar o atraer nuevos consumidores. En la mayoría de los casos se trata de utilizar métodos lineales o iterativos que, partiendo de la definición de un problema y de unos requisitos o restricciones, conducen el trabajo para obtener propuestas materializables. Incluso existen métodos con una orientación específica, como por ejemplo el diseño para el ensamblaje [5], diseño para fabricación [6], diseño ecológico [7], etc., en los que se tienen en cuenta restricciones o criterios de diseño que abundan en los temas especificados.

Entre las metodologías más destacables para la realización de diseños de producto se encuentra TRIZ, propuesta por Altshuller [8], el Diseño Axiomático de Shu [9] y el *Total Design* de Pugh [10] que más adelante completó Hurst con sus Principios de Diseño en Ingeniería [11].

TRIZ aborda la creación de productos innovadores aportando un proceso que comprende una herramienta sistemática para resolver conflictos de diseño, normalmente divergentes, como por ejemplo la necesidad de un componente eléctrico que además funcione a baja temperatura. Esta herramienta se basa en una matriz de contradicciones que ayuda al diseñador a encontrar soluciones a un problema planteado bajo nuevas perspectivas.

Por otra parte, el Diseño Axiomático se desprende del análisis de procesos complejos y se fundamenta en métodos matriciales que relacionan varios parámetros circunscritos en el dominio del cliente, el dominio funcional, el dominio físico y el dominio de proceso. Estos parámetros se denominan atributos del cliente (CAs), requerimientos funcionales (FRs), parámetros de diseño (DPs) y variables de proceso (PVs). Además, estos parámetros se pueden acompañar de restricciones adicionales que delimitan la solución. Para construir estas relaciones, el método se apoya en dos axiomas. El primero de ellos es el axioma de la independencia que indica que los requerimientos funcionales (FRs) (que se pueden asimilar a los “¿qué?” en contraposición a los parámetros de diseño que se pueden asimilar a los “¿cómo?”) deben ser independientes. El segundo axioma es el axioma de la información e indica que la información contenida en el diseño propuesto debe ser la mínima posible.

Por su parte, Hurst propone una de las metodologías más interesantes debido a la incorporación de un sistema iterativo en varias etapas basado en el *Total Design*, que

comprende varias técnicas de creatividad, decisión e ingeniería. Para definir el problema, se parten de una serie de especificaciones de diseño de producto (PDS) que tienen en cuenta aspectos relacionados con funcionalidad, operación, fabricación e incluso reciclaje. Una vez definidos los PDS se procede a utilizar técnicas de creatividad para generar conceptos, de entre los que se seleccionan los más prometedores utilizando métodos de decisión. Los conceptos o *embodiments* surgidos de la etapa anterior se desarrollan y se ponen a prueba mediante ingeniería de detalle y simulación.

No obstante, todas las metodologías citadas presentan carencias relevantes cuando se trata de producir un nuevo modelo de elemento que debe ser comercializado dentro de sectores de amplio desarrollo e intensidad competitiva.

Cuando un productor tecnológico aborda la invención de un nuevo dispositivo con el objetivo de ofrecer un producto original, innovador y diferenciado a sus clientes, tiene dos opciones fundamentales respecto a los posibles imitadores.

En la primera opción se decide ofrecer el producto sin protegerlo mediante derechos de propiedad industrial, de forma que cualquiera pueda ser libre de copiarlo y explotarlo para obtener un beneficio. Para evitar que un tercero malintencionado lo intente proteger mediante una o varias patentes y así ganar derechos de exclusiva sobre la creación, simplemente hay que anticiparse a ello desvelando pública y fehacientemente el objeto susceptible de ser patentado. Mediante esta acción se destruye el requisito de novedad o de actividad inventiva, con lo que se imposibilita la protección de la innovación mediante este título de propiedad.

En la segunda opción se decide proteger el producto mediante diseño industrial, patente, marca, etc. de forma que se asegure la opción de obtener un monopolio sobre la explotación del mismo, disuadiendo a imitadores de utilizarlo con la intención de obtener un beneficio. Además, existen varias razones particulares por las que una compañía podría tener en cuenta la protección de sus resultados de investigación mediante títulos de propiedad, como patentes [12]:

- Explotación comercial interna: un titular solicita una patente con la intención de explotar una invención de forma exclusiva en uno o varios territorios, y durante toda la vida de la patente. Las invenciones patentadas se utilizan para la mejora de los procesos de producción propios, o para incorporarlas en productos que ya comercializan.

- Licencias: se trata de proteger con la intención de licenciar la tecnología patentada a terceros que la exploten, a cambio de unos pagos, como por ejemplo regalías o royalties.
- Licencias cruzadas: si un titular (por ejemplo una compañía) dispone de una cartera de patentes sobre ciertas tecnologías clave en un sector, y a su vez hay otra con otras patentes igualmente importantes, existe la opción de intercambiar licencias, de forma que cada una pueda explotar una cartera de patentes mayor (puede además haber compensaciones adicionales mediante pagos).
- Prevención de imitación: el motivo principal de proteger una tecnología es obtener una patente fuerte que sirva de herramienta de disuasión a posibles imitadores. Es el motivo principal por el que se patentan invenciones.
- Bloqueo de patentes: en este caso la tecnología patentada no se utiliza y no se licencia. Se trata de patentar para que otras invenciones del área de la técnica sean necesariamente dependientes y ejercer control sobre ellas, o simplemente no se puedan patentar por falta de novedad o actividad inventiva.
- Reputación: disponer de una cartera tecnológica patentada incide en el renombre de una empresa, sobre todo si parte de su actividad se relaciona con la I+D+i. En muchas ocasiones los productos patentados indican este hecho en su etiquetado, más por una razón de marketing que para disuadir la copia.

Además de las razones anteriores se puede añadir la siguiente:

- Elemento de defensa: esta estrategia puede suponer la protección de una invención, de forma que al obtener una patente con un informe sobre el estado de la técnica en el que una Oficina de Patentes certifica la novedad, actividad inventiva y aplicación industrial, el titular adquiere cierta tranquilidad para explorar la tecnología ya que protección es de tipo fuerte. Además se adquiere un elemento disuasorio para retraer a terceros de emprender un litigio. También puede servir para amenazar a un litigante con una guerra de patentes, incluso si la tecnología protegida no cae dentro del alcance de la invención cuestionada.

Una recopilación más extensa que relaciona las diferentes alternativas para la protección de resultados de investigación, se relaciona en el Anexo I.

Tanto en una opción como en la otra, hay un requisito imprescindible que hay que tener en cuenta antes de poner el producto a disposición de terceros, e incluso antes de comenzar con cualquier tarea de ideación. Se debe realizar un proceso de vigilancia tecnológica que permita comprobar si existe una solución que anticipe la invención. En el primer caso, esta cuestión es relevante no sólo para evitar la realización de un esfuerzo inventivo sobre soluciones que en realidad ya existen. La vigilancia es significativa sobre todo si además esa solución anterior está patentada, ya que poner en el mercado otras alternativas podría suponer un litigio por infracción de patente. En el segundo caso, puede ocurrir que, después de todo el esfuerzo de desarrollo, no se pueda explotar exclusivamente la tecnología bien porque ya estaba patentada por otros, o simplemente porque ya era conocida, lo que impide la protección por incumplimiento de requisitos de patentabilidad: novedad, actividad inventiva o aplicación industrial.

En el caso de las patentes, su importancia respecto al diseño ha sido tratada en numerosas publicaciones y estudios a lo largo de los años. Hurst, en los Principios de Diseño en Ingeniería [11], ya advierte que las especificaciones de diseño de producto deberían considerar una búsqueda de patentes aunque orientada únicamente a asegurar que un diseño no está anticipado o no infringe derechos de terceros. Sin embargo no dice cómo afrontar estas tareas y tampoco propone una solución para seguir la estrategia mencionada anteriormente como segunda opción: obtener un producto protegible. TRIZ [8] tampoco considera criterios para obtener resultados protegibles, sino que más bien considera que, algunos resultados podrían incluso patentarse, pero como un hecho circunstancial y no relacionado con el método en sí. Sánchez [13] amplía la propuesta de Diseño Axiomático de Shu [9] y propone un sistema de verificación de patentabilidad, aunque con características similares a las ya propuestas por otros autores, como las de Becker [14].

La realidad del proceso de diseño y de la creación de nuevos productos sugiere que, aunque sí se consideran los criterios típicos de coste, fabricabilidad, ergonomía, etc. incluso en las fases iniciales en las que se proponen las ideas básicas, la protección de resultados e incluso la realización de vigilancia tecnológica es un tema que se considera accesorio a lo anterior. Normalmente solo es relevante en la parte final del ciclo de diseño, como una consecuencia adicional o fortuita, o cuando supone una amenaza para la viabilidad del producto en la etapa previa a la comercialización y ya es demasiado tarde.

En el caso concreto de España, las empresas reconocen que no conceden demasiada importancia a la protección del diseño y la innovación. Menos de un tercio de las empresas protege legalmente sus diseños, y un elevado porcentaje de ellas dice desconocer la cuestión [15]. La protección legal del diseño sigue siendo una asignatura pendiente entre las compañías españolas [16]. La apreciación del diseño por parte de las empresas y las labores comprendidas en la profesión de diseñador también están fuertemente sesgadas. Los datos recogidos [17] indican que el diseñador de producto español se dirige fundamentalmente a aquellos sectores en los que la estética prima sobre otros factores del diseño (funcionamiento, fabricación, calidad, etc.). En relación a la vigilancia tecnológica, se reconoce que existe un serio problema entre las compañías nacionales y que se debería utilizar las fuentes de información científicas y técnicas antes de acometer un proyecto de innovación [18].

Esta falta de atención respecto a la patentabilidad y a la vigilancia tecnológica, se traduce en un serio problema para las empresas que invierten recursos en I+D+i con la esperanza de recuperarlos mediante la comercialización de los resultados de investigación. La recuperación de dichas inversiones se puede ver afectada e incluso impedida por terceros.

Existen voces muy críticas que indican que en Europa se invierten cada año millones de euros en investigar y desarrollar resultados que ya han sido anticipados por otros, e incluso que ya están patentados [19], y que cuestionan las estrategias nacionales y Europeas de inversión en I+D. Este tipo de situaciones han sido puestas de manifiesto y estudiadas con anterioridad y se las conoce como "reinventar la rueda". Se estima que el 30% de todo el gasto de I+D en la Unión Europea se desperdicia en investigaciones duplicadas e innecesarias. Los profesionales de patentes calculan que esto supone un coste anual de unos veinte mil millones de libras esterlinas [20].

1.4 CONTENIDO

Para abordar el proceso de inventivo y de diseño del nuevo protector craneal con características de seguridad avanzadas, a lo largo de este trabajo se realiza un proceso investigador que comprende una serie de actividades que se pueden resumir en los siguientes bloques, identificados con distintos capítulos de esta memoria:

Estado del arte: en esta parte se realiza un análisis del estado del arte relacionado con las distintas tecnologías para la protección craneal que existen en la actualidad, y de las lesiones recurrentes debidas a impactos en la zona de la cabeza

causadas por accidentes. El objeto de este apartado es conocer los antecedentes de esta investigación y detectar si existen inconvenientes respecto a los dispositivos actuales, con el ánimo de proponer soluciones innovadoras que los resuelvan. Asimismo se busca identificar patrones recursivos sobre las zonas más habituales de traumatismo para poder detectar oportunidades de mejora.

Hipótesis de trabajo: a partir del análisis del estado del arte se construye la hipótesis de partida, que más adelante se prueba y se certifica a lo largo del desarrollo de este trabajo investigador.

Metodología: para llevar a cabo el proceso inventivo, se propone una metodología de diseño que aborda la resolución del problema técnico detectado, basándose en la hipótesis de partida. La metodología comprende una serie de pasos y procesos iterativos que facilitan la tarea de diseño, considerando una serie de criterios específicos orientados a la obtención de un resultado óptimo y con viabilidad comercial.

Nuevos conceptos inventivos para la protección craneal: una vez establecido el método de trabajo, se pone en práctica con la obtención de nuevos conceptos inventivos para la protección craneal. En este bloque se obtienen varias invenciones que se estructuran mediante un mapa reivindicativo en varios niveles, según su grado de especificidad.

Desarrollo de una realización preferida: de entre todos los conceptos propuestos, el esfuerzo de ingeniería de detalle se focaliza en los que son más prometedores, teniendo en consideración las opciones tecnológicas disponibles. El objetivo principal del desarrollo de esta realización preferida, es certificar la hipótesis de partida mediante la propuesta realizable, detallada y funcional de un sistema de protección craneal. Para llevarla a cabo, se establece un proceso de diseño específico que proporciona una descripción técnica muy pormenorizada que incluye materiales y opciones de fabricación. Este diseño además se somete a una campaña de ensayos de impacto para confirmar su viabilidad.

Conclusiones y líneas de futuro: el proceso de investigación se completa con una serie de conclusiones obtenidas a partir del análisis crítico de los diferentes aspectos contemplados en su desarrollo. Para finalizar, se plantean una serie de líneas futuras de investigación con el objeto de ampliar el alcance de las propuestas ideadas, contemplar nuevas aproximaciones y explorar alternativas al desarrollo del equipo protector descrito en este trabajo.

2 Estado del arte

La protección de la cabeza frente a lesiones en caso de impacto ha motivado un desarrollo tecnológico por parte del ser humano que puede remontarse hasta la prehistoria, con la aparición de cascos con propósitos militares. A día de hoy el empleo de cascos es ampliamente reconocido en sectores como el deportivo, la industria, las labores de asistencia ciudadana, los sectores militares y policiales, y en la protección de usuarios de vehículos a motor, como por ejemplo las motocicletas. El diseño de este dispositivo de protección varía en función de las necesidades del usuario existiendo tantos diseños como aplicaciones posibles.

Los traumatismos craneales y cervicales son la principal causa de muerte, lesiones graves y discapacidades entre los conductores de motocicletas y bicicletas. En los países europeos, este tipo de lesiones causan el 75 % de las muertes de conductores de vehículos motorizados de dos ruedas [21]. En algunos países en vías de desarrollo se estima que los traumatismos craneales con la causa de hasta el 88 % de esas muertes [22] [23].

Los costes sociales para los supervivientes de este tipo de lesiones son elevados ya que suelen requerir atención especializada y de largo plazo. Además, los traumatismos craneales también generan costos médicos mucho más altos que los causados por cualquier otro tipo de traumatismo [24] pudiendo llegar a representar una pesada carga para el sistema de atención sanitaria y la economía de un país.

La utilización de cascos de protección reduce la frecuencia y la severidad de las lesiones en la cabeza y en el cerebro [25] [26] [27] [28]. Esto se consigue mediante la atenuación de la aceleración a la que se ve sometida la cabeza y a través de la distribución de la fuerza de impacto sobre un área mayor.

La efectividad de los cascos de protección ha llevado al desarrollo de una serie de leyes, normas y estándares que regulan su utilización en una gran variedad de sectores y aplicaciones.

2.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL DISEÑO DE CASCOS

Los distintos diseños de cascos de protección que se han utilizado a lo largo de la historia han surgido fruto de las necesidades existentes en cada periodo y aplicación específica. Los seres humanos comenzaron a proteger su cabeza mediante cascos mucho antes de que los mecanismos de las lesiones fueran estudiados. El modo en que los cascos eran diseñados era, y todavía es, altamente dependiente de la aplicación final del casco.

Ya en el siglo quince antes de nuestra era existe constancia de la utilización de cascos como medio de protección de la cabeza [29]. La Ilustración 2 muestra un casco corintio del siglo cuarto antes de nuestra era que pesaba aproximadamente un kilo y medio y que estaba diseñado para la protección de la cabeza contra la penetración en combate.



Ilustración 2 Casco corintio del siglo cuarto antes de nuestra era

Durante los siglos posteriores la evolución del diseño de los cascos fue adaptándose a la aparición de nuevas armas contra las que constituían el mecanismo de defensa. La Fuente: Bashford

Ilustración 3 muestra esquemáticamente la evolución en el diseño de los cascos durante la Edad Media [30].

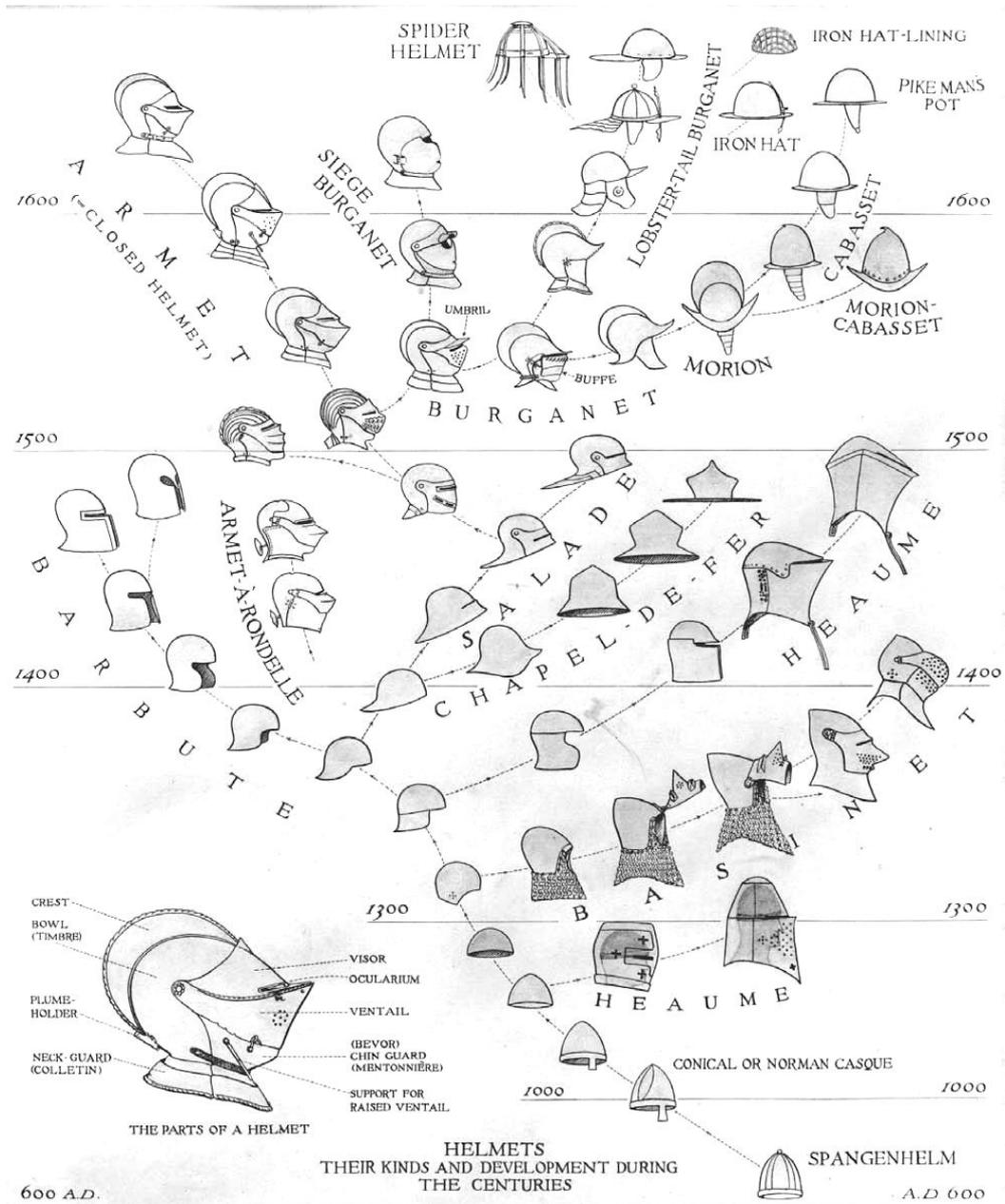


Ilustración 3 Evolución del diseño de los cascos militares durante la Edad Media [30]

No fue hasta el final del siglo XIX cuando se descubrió que algunas lesiones severas en la cabeza podían producirse sin penetración craneal. Se necesitaron otros cincuenta años más para comprender además que las aceleraciones de corta duración, actuando sobre la cabeza y su contenido, eran las causantes de las lesiones más graves sin llevar aparejada una fractura abierta [31]. Estos descubrimientos llevaron a una auténtica revolución en el diseño de los cascos que se vio potenciado por la universalización del uso de las motocicletas y ciclomotores.

Durante los años 30 del siglo XX aparecieron los primeros cascos para motocicleta fabricados en cuero, similares a los que usaban los pilotos de aviones. La resistencia

ante impacto de estos cascos era prácticamente nula pero servían al menos para que las piedras que en aquellos años poblaban las carreteras no causaran daños al piloto.

El neurocirujano Hugh Cairns diseñó un casco fabricado con fibras de coco entretejidas y pegadas mediante una resina. Se sujetaba a la cabeza mediante dos tiras de cuero que partían de los laterales a la altura de las orejas y se abrochaba debajo de la barbilla con una hebilla. A partir de datos recogidos de los motoristas del ejército inglés, Cairns realizó dos estudios entre 1941 y 1946, concluyendo en el segundo de ellos que los motoristas que habían usado su casco sufrieron un menor número de heridas y además de menor consideración que los que no lo llevaban [32]. El primer casco que apareció con fabricación en serie fue el denominado tipo *Cromwell*, basado precisamente en los fabricados por el Doctor Hugh Cairns.

A partir de este momento la industria del casco fue avanzando a pasos agigantados y los materiales con los que se fabricaban fueron mejorando cada vez más. De las fibras de coco se pasó a cartón piedra forrado con corcho, fibra de vidrio, A.B.S. (acrilonitrilo-butadieno-estireno), poliuretano, y últimamente *composites* de fibra de vidrio, carbono y kevlar.

Charles F. Lombard, un investigador de la Universidad del Sur de California, solicita en 1953 la primera patente del casco tal como se conoce hoy día. En este documento de patente proponía un sistema estructural compuesto por un interior acolchado que disipa la energía del impacto y una carcasa exterior, también denominada calota, ligera y muy resistente.

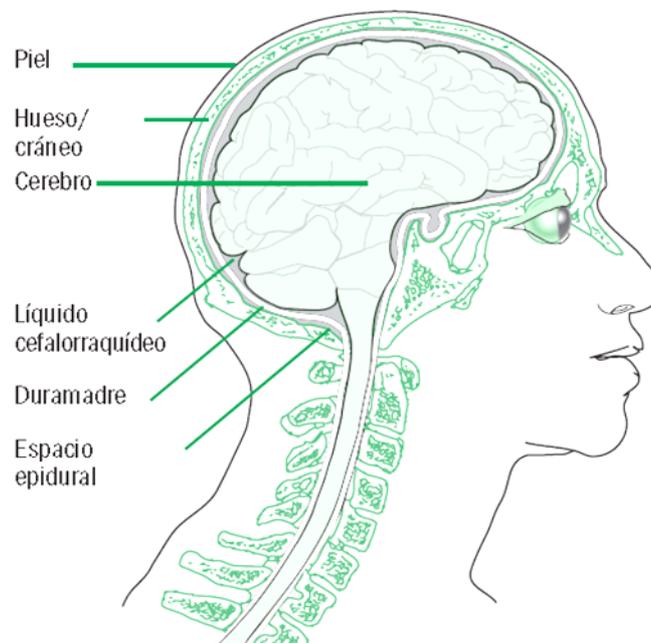
En 1957, la Fundación Snell, que toma su nombre de William "Pete" Snell, piloto que falleció a consecuencia de las heridas sufridas en la cabeza tras un accidente de motocicleta, ya propuso estándares para normalizar la fabricación de los cascos.

Desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad, el uso del casco protector se ha extendido a sectores muy diversos: militar, industrial, protección civil, deportes, etc. La comprensión de los mecanismos de las lesiones y la concienciación de las autoridades ha llevado al desarrollo de una serie de normativas y legislación que establecen los requisitos que tienen que cumplir los distintos cascos protectores para sus distintas aplicaciones.

2.2 ANATOMÍA DE LA CABEZA

En la cabeza se encuentran órganos esenciales para el ser humano. Sin embargo, normalmente está expuesta a riesgos muy diversos, entre los que pueden señalarse los de origen mecánico, especialmente golpes e impactos, los debidos a ruidos y vibraciones, los derivados de radiaciones electromagnéticas, los producidos por contactos eléctricos, los debidos a la presencia de aerosoles, gases y vapores en el aire, etc.

Resulta por tanto fundamental conocer la anatomía de la cabeza para comprender el mecanismo de las lesiones que se producen en esta parte anatómica tan sensible (Ilustración 4).



Fuente: World Health Organization

Ilustración 4 Estructura craneal y del cerebro [21]

Brevemente, la información anatómica más relevante [21] se resume a continuación:

- El cerebro está alojado dentro de la cavidad craneal, de paredes rígidas.
- El cerebro “reposa” sobre los huesos que forman la base del cráneo.
- La médula espinal pasa a través de un orificio que está situado debajo del cerebro.
- Adherida a la cara interna de los huesos del cráneo hay una membrana resistente llamada duramadre, que rodea el cerebro.

- Entre el cerebro y la duramadre hay un espacio que contiene el líquido cefalorraquídeo, el cual protege al tejido cerebral de las colisiones mecánicas.
- El cerebro "flota" en el líquido cefalorraquídeo, pero solo puede desplazarse aproximadamente un milímetro en cualquier dirección.
- El cráneo está cubierto por el cuero cabelludo, que brinda cierta protección adicional.

En las colisiones y golpes en la cabeza intervienen dos mecanismos principales que causan traumatismos cerebrales: el contacto directo, y la aceleración y desaceleración, y cada mecanismo provoca distintos tipos de lesiones. Si la cabeza golpea un objeto, por ejemplo el suelo, se detiene el movimiento del cráneo, pero el cerebro, que tiene su propia masa, continúa desplazándose hasta que golpea la parte interior del hueso. Entonces, rebota y golpea el lado opuesto del cráneo. Los resultados de este tipo de lesión son diversos, desde un traumatismo craneal poco importante hasta una destrucción de la estructura neuronal con consecuencias mortales.

Los traumatismos craneoencefálicos que resultan de lesiones por contacto o por aceleración y desaceleración se clasifican en dos categorías: traumatismos craneales abiertos y traumatismos craneales cerrados. La mayoría de los traumatismos craneales son consecuencia de lesiones cerebrales cerradas, es decir, aquellas en las que no se produce una herida incisiva abierta que llega a la masa encefálica.

Además del cráneo y el cerebro, a la hora de proteger la cabeza se debe tener en cuenta también la zona de la cara. Dentro del esqueleto de la cara se diferencian dos partes principales:

- La mandíbula superior donde se ubican trece huesos.
- La mandíbula inferior formada por un único hueso (maxilar inferior).

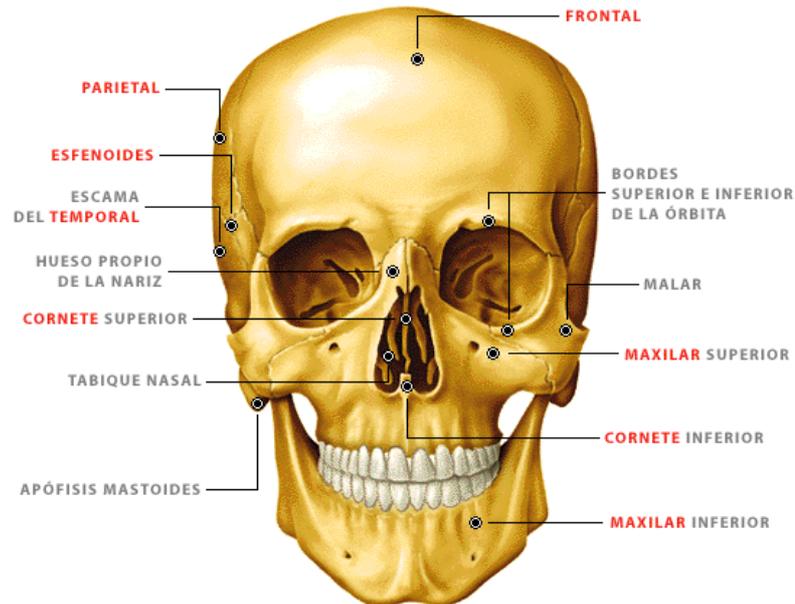


Ilustración 5: Principales huesos de la cara

Las lesiones faciales más comunes son las heridas del tejido blando y las fracturas de los huesos de la cara. Las consecuencias de este tipo de lesiones también varían desde las leves, pasando por las que dejan cicatrices permanentes, hasta las que pueden causar la muerte.

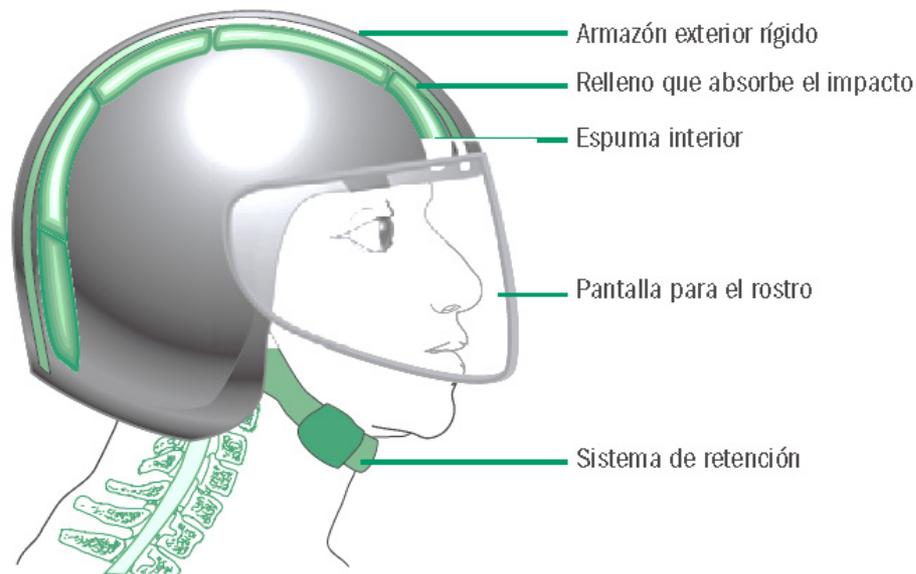
2.3 FUNCIÓN DEL CASCO

Un casco o protector craneal sirve para reducir el riesgo de traumatismos craneoencefálicos graves al aminorar el impacto de una fuerza o colisión en la cabeza.

El casco cumple tres funciones principales [21]:

- 1) Reduce la desaceleración del cráneo y, por lo tanto, el movimiento del cerebro al absorber el impacto. El material mullido incorporado en el casco absorbe y amortigua parte del golpe y, en consecuencia, la cabeza se detiene con más lentitud. Esto significa que el cerebro no choca contra el cráneo con tanta fuerza.
- 2) Dispersa la fuerza del impacto sobre una superficie más grande, de tal modo que no se concentre en áreas particulares del cráneo.
- 3) Previene el contacto directo entre el cráneo y el objeto que hace impacto, al actuar como una barrera mecánica entre la cabeza y el cuerpo de colisión.

Estas tres funciones se cumplen combinando las propiedades de cuatro componentes básicos del casco que se describen a continuación (Ilustración 6).



Fuente: World Health Organization

Ilustración 6 Componentes básicos de un casco [21]

Armazón

También se le conoce como carcasa o calota. Es la capa externa resistente del casco, que distribuye el impacto sobre una superficie grande y de ese modo aminora la fuerza del golpe antes de que llegue a la cabeza. Si bien el armazón es firme, está diseñado para comprimirse cuando choca contra algo duro. Brinda protección contra la penetración de pequeños objetos agudos que se desplazan a alta velocidad y también protege la espuma interior del casco contra abrasiones y golpes durante el uso cotidiano. Estos requisitos implican que el armazón debe ser duro y por lo general tiene un exterior pulido.

Relleno

Está hecho de un material acolchado y elástico, por lo general poliestireno expandido. Esta capa densa amortigua y absorbe el impacto cuando el casco se detiene y la cabeza continúa en movimiento.

Espuma interior

Es la capa blanda de espuma y tela que está en contacto con la cabeza. Contribuye a mantener cómoda la cabeza y a que el casco se ajuste apropiadamente.

Sistema de retención o barboquejo

Es el mecanismo que mantiene el casco en la cabeza durante una colisión. Hay correas unidas a cada lado del casco. Las correas que van a la barbilla y el cuello están específicamente diseñadas para que el casco se mantenga en su lugar durante un impacto y deben estar abrochadas correctamente para que el casco proteja según se pretende. La función de retención se puede acompañar de otros elementos como las espumas carrilleras, que ajustan de forma más ceñida el casco a la cara.

2.4 ASPECTOS REGULATORIOS Y CAMPOS DE APLICACIÓN

2.4.1 CASCOS DE PROTECCIÓN PARA TRABAJADORES

Los cascos de protección destinados al ámbito laboral son equipos de protección individual dedicados a cubrir la cabeza para contribuir a reducir los daños que, derivados de impactos por caída de objetos y pequeños choques contra elementos fijos, pudieran provocarse sobre la base del cuello y en el propio cráneo. Igualmente también ofrecen protección, si así lo ha previsto su fabricante y se acredita mediante las verificaciones oportunas, ante daños derivados de otras agresiones menos frecuentes, como, por ejemplo, pequeñas proyecciones de metal fundido, contactos eléctricos, etc. [33].

Las características de los distintos tipos de cascos de protección vienen definidas en diversas normas UNE-EN, de las cuales la más interesante, desde el punto de vista de la protección de los trabajadores en la actividad laboral, es la norma UNE-EN 397, Cascos de protección para la industria [34], que trata de los cascos denominados de seguridad más empleados.

El diseño, fabricación, certificación y comercialización de los cascos de protección, debe ser conforme a lo indicado en el RD 1407/1992 [35], al tratarse de equipos de protección individual, mientras que su selección y uso debe efectuarse, por la misma razón, de acuerdo con lo dispuesto en el RD 773/1997 [36].

En el ámbito industrial las principales normas aplicables a los cascos de protección son las siguientes:

EN 397:1995 – Cascos industriales de seguridad [34]. Protegen al usuario de caídas de objetos en la parte superior de la cabeza.

EN 812:1997 – Cascos contra golpes para la industria [37]. Protegen contra golpes contra objetos inmóviles. No están destinados a proteger contra la caída de objetos.

EN 14052:2005 – Cascos industriales de altas prestaciones [38]. Ofrecen mayores niveles de protección contra la caída de objetos y contra impactos fuera de la zona superior de la cabeza.

EN 12492:2000 – Cascos para montañeros [39]. Van equipados de un sistema de sujeción para mantener el casco en su sitio. Aunque es una norma para uso por parte de montañeros, muchos de los cascos que cumplen con la EN 12492:2000 se certifican también con la EN 397:1995 utilizándose ampliamente en trabajos en altura.

EN 50365:2002 - Cascos eléctricamente aislantes para uso en instalaciones de baja tensión [40]. Estos cascos, además de ofrecer protección contra los golpes y la caída de objetos (deben cumplir también con la EN 397 o la EN 443), previenen del paso de una corriente a través del usuario entrando por la cabeza. Se usan en trabajos en tensión o en la proximidad a partes en tensión en instalaciones de hasta 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua.

En determinadas actividades puede ser necesario que el casco ofrezca protección a través de determinadas propiedades o componentes adicionales:

- *Barboquejo*: como ya se mencionó anteriormente, es un sistema de retención que en ocasiones resulta imprescindible. Normalmente comprende una cinta que se coloca bajo la mandíbula y que ayuda a mantener el casco en su sitio.
- *Resistencia a muy baja temperatura*: absorción de impactos y resistencia a la penetración a -20 °C, -30 °C o -40 °C (éste último sólo para cascos industriales de altas prestaciones).
- *Resistencia a muy alta temperatura*: absorción de impactos y resistencia a la penetración a 150 °C.
- *Resistencia a la llama*: tras una aplicación de 10 s de una llama de propano el material no arde después de 5 s tras haber retirado ésta. Es un requisito opcional sólo para cascos contra golpes para la industria (EN 812:1997), siendo obligatorio para el resto los cascos con aplicaciones industriales.

- *Resistencia al calor radiante.* absorción de impactos, resistencia a la penetración e incremento limitado de la temperatura en el interior del casco tras exposición a fuente de calor radiante. Sólo para cascos industriales de altas prestaciones.
- *Propiedades eléctricas.* protección limitada frente a contactos accidentales y de corta duración con elementos conductores con voltaje de hasta 440 V.
- *Deformación lateral.* resistencia a la deformación provocada por una fuerza lateral. Es requisito adicional solamente aplicable a cascos industriales de seguridad (EN 397:1995) y de altas prestaciones (EN 14052:2005).
- *Salpicaduras de metal fundido.* las salpicaduras de metal fundido no deben perforar el casco, deformarlo ni hacer que éste arda después de 5 s tras la aplicación del metal fundido. Sólo para cascos industriales de seguridad y de altas prestaciones.

El Anexo III del RD 773/1997, incluye una “Lista indicativa y no exhaustiva de actividades y sectores de actividades que pueden requerir la utilización de equipos de protección individual”, que, particularizada para los cascos de protección, indica lo siguiente:

- Obras de construcción y, especialmente, actividades en, debajo o cerca de andamios y puestos de trabajo situados en altura, obras de encofrado y desencofrado, montaje e instalación, colocación de andamios y demolición.
- Trabajos en puentes metálicos, edificios y estructuras metálicas de gran altura, postes, torres, obras hidráulicas de acero, instalaciones de altos hornos, acerías, laminadores, grandes contenedores, canalizaciones de gran diámetro, instalaciones de calderas y centrales eléctricas.
- Obras en fosas, zanjas, pozos y galerías.
- Movimientos de tierra y obras en roca.
- Trabajos en explotaciones de fondo, en canteras, explotaciones a cielo abierto y desplazamiento de escombreras.
- Utilización o manipulación de pistolas grapadoras.
- Trabajos con explosivos.
- Actividades en ascensores, mecanismos elevadores, grúas y medios de transporte.
- Actividades en instalaciones de altos hornos, plantas de reducción directa, acerías, laminadores, fábricas metalúrgicas, talleres de martillo, talleres de estampado y fundiciones.
- Trabajos en hornos industriales, contenedores, aparatos, silos, tolvas y canalizaciones.

- Obras de construcción naval.
- Maniobras de trenes.
- Trabajos en mataderos.

Por otro lado, existen algunos sectores con características diferenciadoras para los que se han desarrollado otras normas específicas como es el caso de los cascos de protección para bomberos, regulados por la norma UNE:EN 443:2008 [41].

2.4.2 NORMAS DE REFERENCIA EN SEGURIDAD VIAL

Las normas relacionadas con cascos protectores para vehículos rodados con mayor nivel de aceptación y más ampliamente reconocidas por los gobiernos de los diferentes países del mundo son tres y se denominan genéricamente como DOT, SNELL y ECE.

DOT es el nombre por el que se conoce la norma FMVSS 218 [42] (*Federal Motor Vehicle Safety Estándar 218*) que es la regulación oficial del Departamento de Transporte del Gobierno Federal de los Estados Unidos (D.O.T. = *Department of Transport*) y la más utilizada en ese país. Esta norma proporciona una serie de requisitos mínimos de absorción de impactos que deben cumplir los cascos para motociclismo utilizados en carreteras públicas. Los ensayos a los que se someten los cascos cubren el 90 % de los tipos de impacto que se producen en accidentes tal y como se identifican en el informe Hurt [25], y normalmente se corresponden a choques de baja a moderada energía. El tipo de casco que favorece esta norma es aquel capaz de absorber y disipar la mayor parte de la energía de impacto, aun cuando la resistencia de los componentes sea superada y acaben seriamente dañados o incluso destruidos. A partir de esta norma de mínimos se han ido desarrollando otras, que la amplían haciéndola extensible a cascos para otro tipo de vehículos o a otros eventos de impacto más exigentes.

La denominación ECE corresponde a la norma ECE R22-05 [43], que describe una serie de estándares mínimos, definidos por la Comisión Económica para Europa (ECE en inglés) de las Naciones Unidas, relacionados con la certificación de cascos y visores para motociclismo. Esta norma está muy extendida internacionalmente, siendo adoptada por más de 50 países en todo el mundo entre los que se incluyen los territorios europeos. Los test de impacto recogidos en esta norma tienen en consideración fundamentalmente la desaceleración a la que se somete al usuario mediante la determinación del índice HIC. La norma ECE R22-05 tiene mucho más en común con la norma DOT que con la SNELL. En general, un casco que supere las

pruebas de impacto de ECE, probablemente pasará las pruebas de DOT y viceversa. Los cascos que superan todas las pruebas descritas en la norma, y que incluyen los test de impacto, se identifican con una serie de números y símbolos de aprobación. Debido a la importancia respecto a la seguridad del equipo, existe una codificación expresamente dirigida a identificar la capacidad de protección mandibular del casco ensayado, así:

- J indica que el casco es de tipo jet y no cubre la zona del mentón ni la protege.
- P indica que el casco dispone de una zona de protección de la parte inferior de la cara, y que la protege.
- NP indica que el casco, a pesar de disponer de una zona de protección de la parte inferior de la cara, no la protege.

Es muy importante para un usuario conocer este tipo de codificaciones, pues como se puede deducir, existen cascos modulares o integrales que han sido marcados conforme han superado las pruebas definidas en la norma ECE, a excepción de la de impacto frontal.



Ilustración 7 Marcado de un casco comercial según ECE R22-05. La letra P indica que protege la zona mandibular.

SNELL es una fundación sin ánimo de lucro estadounidense creada para la investigación de equipos protectores de cabeza en el ámbito del ciclismo, motociclismo o de competición. Esta organización suministra voluntariamente otra norma, denominada M2010 [44], que sustituye a una anterior, la M2005, más orientada a la capacidad resistente de los cascos. Al igual que el DOT FMVSS 218 o el ECE R22-05, el estándar SNELL M2010 está más enfocado a asegurar la capacidad amortiguamiento del casco, con el objetivo de minimizar las deceleraciones de la cabeza y adecuarlas a los rangos aceptables para el ser humano, aunque sin perder

de vista el mantenimiento de la integridad física del usuario. La regulación SNELL, en general es más exigente que las normas anteriores, de forma que un casco que supera el test de impacto de SNELL probablemente superará la prueba DOT y ECE. Los fabricantes se someten voluntariamente a el ensayo SNELL como un complemento a los otros, para de certificar aun más la calidad de sus equipos.

2.5 TIPOS DE CASCOS

Resulta difícil establecer una clasificación de los distintos tipos de cascos protectores ya que, como se ha comentado anteriormente, el diseño de estos dispositivos de protección varía en función de las necesidades de su usuario, existiendo tantos diseños como aplicaciones posibles.

Sin embargo, se puede establecer una clasificación general básica atendiendo a la forma y modo de funcionamiento diferenciando entre:

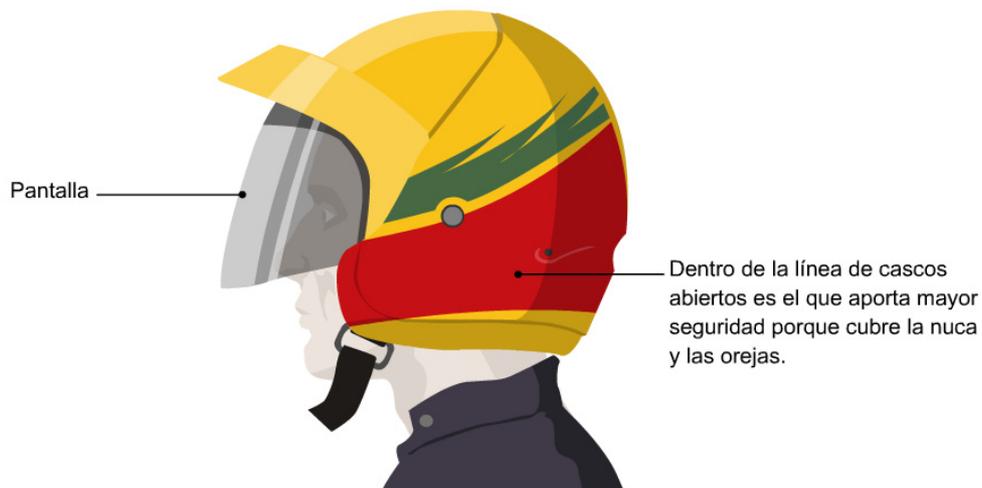
- **Cascos de tipo abierto:** son cascos en los que la carcasa cubre toda la cabeza pero deja libre la zona de la cara del usuario, incluyendo la mandíbula. Dentro de este grupo, se encuentran otras variantes en función de la configuración de la carcasa y la porción de cabeza que cubre. Este tipo de casco no protege la parte del maxilar inferior.
- **Cascos cerrados o integrales:** en este caso la carcasa cubre la cabeza completamente, incluyendo la zona mandibular, a excepción de una zona abierta a la altura de los ojos para facilitar la visión. En ocasiones también disponen de algunos orificios pequeños para facilitar ventilación interior.
- **Cascos modulares:** son cascos a medio camino entre los dos anteriores. En este caso el casco dispone de una mentonera abatible o modular que bien se desplaza arriba o abajo o bien se incorpora como una pieza adicional, a discreción del usuario. Cuando la mentonera está levantada o sin fijar, es similar a un casco abierto, y cuando la mentonera está bajada y fijada, funciona como un casco integral.

2.5.1 CASCOS ABIERTOS

Los cascos de tipo abierto son aquellos que no protegen la zona mandibular y la barbilla del usuario.

Dentro de este grupo de cascos, a su vez se pueden diferenciar tres grandes familias:

- **Casco Jet:** es el más seguro de los de tipo abierto, ya que posee protección para la zona temporal y occipital del cráneo. Protegen completamente la cabeza y dejan al descubierto el rostro. Para evitar la molestia del aire en los ojos o el impacto de pequeños elementos proyectados, algunas versiones poseen visores, pantallas o semipantallas transparentes aunque sin suficientes características resistentes como para asumir la defensa de la cara en caso de colisión.



Fuente: RACC

Ilustración 8 Casco tipo Jet

- **Casco Semi-jet:** son muy parecidos a los anteriores, aunque un poco más pequeños. Dejan la parte inferior de la cabeza sin cubrir (laterales de la mandíbula y parte superior de la nuca). También pueden disponer de visores frontales para evitar el impacto directo del aire en la cara.



Fuente: RACC

Ilustración 9 Casco tipo Semi-jet

- **Casco prusiano o half helmet:** deja al descubierto buena parte de los laterales de la cabeza y la parte de la nuca, así como toda la cara. Este tipo de cascos son los menos seguros dentro del grupo de cascos abiertos.



Fuente: RACC

Ilustración 10 Casco tipo half helmet

Existen cascos de tipo abierto que se utilizan en muchas aplicaciones como sistema de protección craneal por las ventajas que presentan respecto a otras soluciones, como los cascos integrales o los cascos con mentonera abatible.

Los cascos de tipo abierto son una solución muy extendida a nivel global y su uso homologado está permitido por las normas y legislaciones de casi todos los estados.

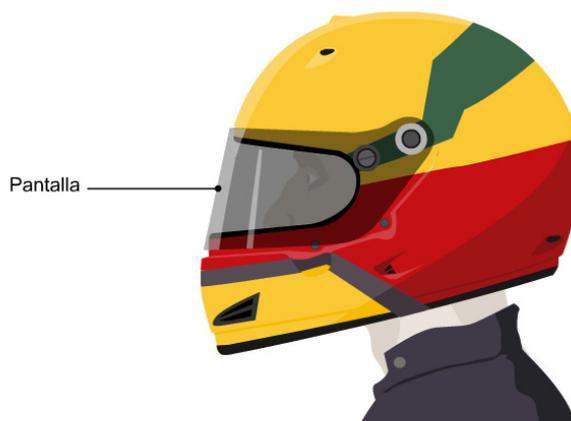
Además de los criterios técnicos, existen otros motivos de igual o más relevancia, que conducen a un usuario a optar por una solución de casco de tipo abierto y que tienen que ver exclusivamente con la apariencia o la estética.

Sin embargo este tipo de cascos no son capaces de proteger adecuadamente el maxilar de un usuario en el caso de sufrir un accidente que implique un impacto en la zona mandibular. A pesar de que los cascos normalmente llevan visores que cubren parcial o totalmente la cara, su función no es defensiva, sino de apantallamiento, dejando esta zona anatómica peligrosamente expuesta.

2.5.2 CASCOS CERRADOS O INTEGRALES

Estos cascos brindan protección facial contra impactos siendo por lo tanto el tipo de casco más seguro.

Su característica principal es una mentonera o porción de carcasa en forma de barra sobre el maxilar que se extiende hacia afuera y que envuelve el mentón cubriendo toda la zona de la mandíbula. Por encima de la mentonera hay una abertura que proporciona al usuario un máximo campo de visibilidad, de conformidad con las especificaciones para la visión periférica y vertical.



Fuente: RACC

Ilustración 11 Casco integral

Dependiendo de la calidad, utilizan materiales y soluciones con distinto grado de sofisticación como por ejemplo los sistemas de cierre rápido o las hebillas denominadas de "doble D" para cerrar el barboquejo.

2.5.3 CASCOS MODULARES

Su apariencia es similar a la del casco integral, pero brinda la posibilidad de levantar la mentonera que cubre la mandíbula o extraerla como un módulo acoplable. Eso lo hace muy versátil ya que su configuración proporciona un casco convertible a discreción del usuario



Fuente: RACC

Ilustración 12 Casco modular en posición abierta (izquierda) y cerrada (derecha)

Se consideran sin embargo una solución intermedia ya que son un poco menos seguros que los integrales. En el caso de golpe fuerte, los sistemas de articulación o de acoplamiento se presentan como una discontinuidad estructural y podrían ceder, empotrando la parte móvil dentro del casco, o levantándola y dejando expuesto el rostro.

Otro de los inconvenientes de esta tecnología es el incremento de peso en comparación a las otras dos soluciones, debido precisamente a la necesidad de un sistema adicional modular o de acoplamiento.

Además, casi la totalidad de los modelos de casco modular no están homologados para desempeñar actividades con la mentonera levantada, con lo que en la práctica, su uso en las diversas actividades es similar al del casco integral.

2.5.4 COMPARATIVA ENTRE LOS DIVERSOS TIPOS DE CASCOS

Los cascos de tipo abierto se caracterizan por que la carcasa deja al descubierto una porción importante de la cara. Este hecho supone ciertas ventajas para el usuario respecto a otras tipologías, que se pueden resumir a continuación:

- **Gran visión periférica:** al disponer de una amplia zona frontal despejada y libre, el campo de visión de la persona que lleva este tipo de casco es mucho mayor que el comparado con el que ofrecen los cascos que llevan mentonera (fija o abatible), sobre todo hacia objetos situados en la zona inferior de la visual.
- **Apariencia:** el casco abierto está tradicionalmente asociado a cierto tipo de usos y de profesiones. En muchas ocasiones, un usuario prefiere utilizar un casco abierto no tanto por razones funcionales, sino porque formalmente le parece una solución mucho más atractiva, aunque haya opciones mucho más seguras. Por ejemplo, este hecho se puede corroborar examinando los hábitos de compra de los usuarios de ciclomotores o motos clásicas, en donde la estética es un criterio fundamental de compra que relega a los demás a un segundo plano.
- **Confort:** los cascos con mentonera fija e incluso abatible presentan algunos inconvenientes ya que la operación de puesta y retirada es menos cómoda que en el caso de cascos abiertos. Este tipo de contrariedad se multiplica cuando el usuario utiliza complementos faciales, como por ejemplo gafas. Por otro lado, la sensación transmite un casco abierto una vez colocado es de mayor libertad que en el caso de un casco cerrado, donde algunas personas pueden sentir cierta claustrofobia. Algunos cascos además utilizan almohadillas carrilleras para asegurar el posicionamiento correcto del mismo. Este tipo de elementos suelen presionar la cara del usuario permanentemente, provocando incomodidad e incluso fatiga.
- **Ventilación:** aunque los cascos con mentonera suelen tener aperturas de ventilación en la zona frontal, esto no es comparable con disponer de ese espacio despejado, sobre todo en entornos de trabajo con altas temperaturas. Por otra parte, la respiración de una persona puede producir efectos de condensación por falta de renovación de aire, lo que se traduce en la aparición de vaho en el visor, con la consecuente reducción de visibilidad.
- **Peso y volumen:** el peso de un casco abierto es en general más reducido que su equivalente integral y mucho más que un casco modular. Cuando el

periodo de utilización del dispositivo es reducido esta ventaja puede resultar secundaria, pero cuando una persona debe llevar un casco puesto durante horas, unos pocos gramos pueden marcar una gran diferencia respecto a la ergonomía, agotamiento y a las posibles lesiones en los músculos del cuello. Relacionado con lo anterior, el volumen que ocupa un casco abierto es en general menor que un casco integral o modular, precisamente por no disponer de defensas mandibulares.

Como principales desventajas de los cascos abiertos frente a los demás tipos, se puede citar que en general aíslan peor el ruido y, sobre todo, que no protegen al usuario de los accidentes que comprenden impactos frontales o fronto-laterales poniéndole en una situación de grave riesgo por exposición a lesiones de mandíbula o maxilares.

Existen diversos estudios que ponen de manifiesto la importancia de la protección de esta zona de la cabeza. En el 2001 la Comunidad Europea publicó el informe "*Motorcycle Safety Helmets*", más conocido como COST 327 [23], conducido por Dietmar Otte. Este informe tuvo como principal objetivo estudiar las lesiones sufridas por motociclistas que resultaban envueltos en una colisión. Para ello se estudiaron unos 250 accidentes detalladamente entre 1996 y 1998, en los que los implicados usaban casco.

Una de las muchas observaciones realizadas es que a pesar de usar casco, un 67 % de los accidentados presentó algún tipo de lesión en la cabeza. Esto llevó a estudiar con mayor detalle la efectividad de los cascos disponibles según su tipología.

Por otra parte, en este informe se concluyó que la utilización de cascos abiertos incrementa sustancialmente el riesgo de sufrir lesiones en la zona mandibular dado que cifra en un 35 % el porcentaje de accidentes que implican impacto principal directo en la zona del maxilar inferior. Además, respecto al resto de áreas definidas sobre un casco tipo, es en esa zona donde los impactos se producen con mayor recurrencia, seguidos de la zona frontal del cráneo (Ilustración 13).

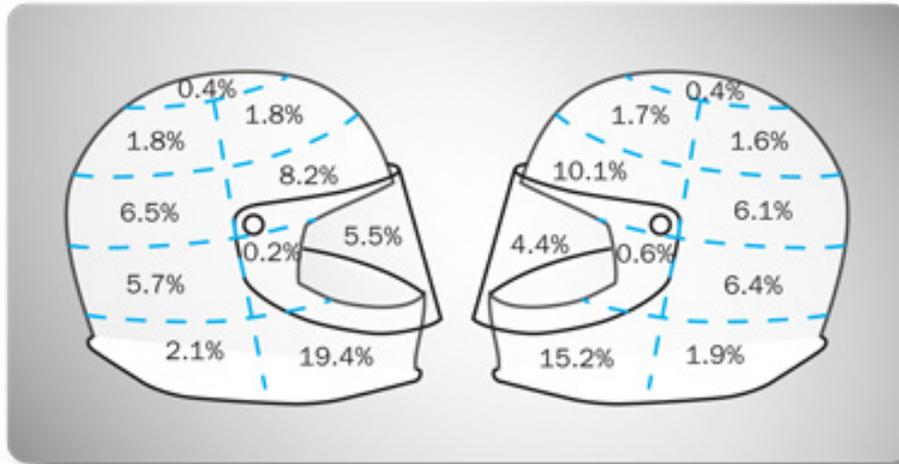


Ilustración 13 Distribución de los puntos de impacto en accidentes de motocicleta [23]

Similares conclusiones se derivan de los estudios llevados a cabo en otras regiones como el análisis de 200 accidentes realizado en Australia [45] en el que se observó que el 50 % de los impactos severos producidos en los accidentes monitorizados se produjeron en la zona frontal de la cara. Además, el 40 % de esos impactos frontales causaron lesiones graves o muy graves. Estos hallazgos son consistentes con los resultados de otros estudios de referencia, como el pionero estadounidense *Hurt Report*" [25] de 1981 y el europeo MAIDS (*Motorcycle Accident In Depth Study*) [46], cuya última versión es de 2009.

El estudio de las áreas con mayor frecuencia de impacto explica que en general, los cascos integrales o modulares ofrezcan la mejor protección en caso de accidente. Por otro lado, en una colisión con un impacto violento frontal o fronto-lateral el casco abierto presenta otro inconveniente ya que debido a su configuración, apenas retiene la cabeza dentro de los límites de la carcasa. Esto se traduce en un aumento en la probabilidad de desalojo de la cabeza del usuario, que se proyecta hacia delante o hacia abajo, e impacta contra el visor o contra el objeto de impacto. Este hecho se ve agravado cuando el protector craneal no dispone de barboquejo, cuando aun teniéndolo el usuario no lo fija correctamente por debajo de la barbilla o cuando lleva la correa aflojada. En estos casos, se reduce considerablemente la eficacia del casco.

Con respecto a los cascos modulares, presentan una debilidad inherente a su construcción, y es la utilización de mecanismos adicionales de apertura o de acoplamiento para permitir su transformación. Además, la pieza que hace de mentonera generalmente se construye con un tamaño mayor que la que correspondería a su similar integral para asegurar un buen coeficiente de seguridad ante impactos. Por una parte, estas características penalizan enormemente el peso del

conjunto. Por otra parte, los medios de enclavamiento de la mentonera abatible respecto a la carcasa son elementos sometidos a muchos ciclos de trabajo lo que repercute en su elevado desgaste por fatiga y en su fiabilidad. Este hecho introduce un factor de riesgo adicional por desprendimiento imprevisto de la mentonera y una debilidad desde el punto de vista de la seguridad. Por otro lado, este tipo de cascos no están homologados para utilizarse sin la mentonera fijada lo que junto a los inconvenientes señalados, hace que su utilización esté menos extendida.

2.6 NUEVOS AVANCES EN PROTECCIÓN CRANEAL

En los últimos años, se han propuesto diversos dispositivos que intentan paliar las carencias de los cascos tradicionales, basándose generalmente en los avances realizados en la seguridad del sector del automóvil. Dentro de estos nuevos desarrollos destacan:

Airbags

Se basan en el empleo de dispositivos desplegables de airbag en diversos tipos de casco para la protección de la cabeza del usuario. Algunos ejemplos de protección cervical mediante un dispositivo airbag desplegable figuran en los documentos de patente EP0850575 (A1) [47], DE19604822 (A1) [48] o ES2270669 (B1) [49], aunque no ofrecen soluciones para la protección frontal de la cabeza. También existen documentos que señalan invenciones para la protección de la zona maxilar mediante airbag, como la patente DE4020692 (A1) [50], aunque siempre se refieren a su empleo en cascos integrales ya que la utilización únicamente de dispositivos de airbag en cascos abiertos para la protección frente a impactos maxilares es inviable dado que las bolsas son muy flexibles, no permanecen infladas en el tiempo o se rasgan a causa del golpe o la fricción con el objeto de impacto, como puede ser el asfalto.

Protectores fijos

Existen soluciones de tipo modular basadas en la inclusión de un refuerzo fijo en la zona de la barbilla (mentonera) como la recogida en la patente DE102005006078 (A1) [51], de forma parecida a los cascos deportivos de rugby. Aunque algunas de estas invenciones indican que el refuerzo es removible y el tipo de casco es abierto, para que el casco ofrezca la protección de la zona maxilar éste debe estar siempre fijado a la carcasa. A efectos prácticos este tipo de invenciones no dejan de ser algo parecido

a un casco integral o modular con una zona de visión más amplia, con lo que se mantienen algunos de los inconvenientes de este tipo de dispositivos, como la imposibilidad de introducir la cabeza sin retirar complementos faciales o que, para ofrecer una buena retención de la cabeza en caso de accidente, se necesiten carrilleras que ocupan gran parte de la cara, lo que afecta a la estética, ligereza y practicidad del conjunto.

Desafortunadamente los conceptos inventivos anteriores presentan una implementación compleja e incluso en muchos casos incompatible con la naturaleza de casco abierto, por lo que la viabilidad de su introducción como productos comerciales es, por el momento, mínima.

2.7 CONCLUSIONES

La protección de la cabeza de los trabajadores en general y de aquellos que utilizan medios de transporte de dos ruedas en particular, resulta de vital importancia tanto desde el punto de vista de la seguridad como desde la perspectiva del impacto económico y social que originan las lesiones en esta zona vital.

El uso de cascos de seguridad se encuentra muy extendido en múltiples sectores de actividad en los países industrializados. Dicho uso ha llevado al establecimiento de una gran variedad de legislación y normativa de referencia para el diseño, fabricación y utilización de este tipo de protectores.

Actualmente existe una amplia diversidad en las tipologías de cascos de protección según la aplicación específica para la que están diseñados. De modo global se puede realizar una clasificación diferenciando entre cascos abiertos, cascos cerrados y cascos modulares.

Los cascos abiertos presentan una serie de ventajas (confort, apariencia, campo de visión, etc.) respecto a los demás que hacen que sean mejor aceptados por los usuarios. Sin embargo, en la actualidad, los diseños existentes en el mercado no han conseguido salvar el principal inconveniente que presenta este tipo de dispositivo de seguridad: la nula protección frente a traumatismos en la zona de la mandíbula.

3 Hipótesis de trabajo

A la vista del contenido del estado de la técnica, es fácilmente deducible que existe un gravísimo problema relacionado la integridad de la zona mandibular de las personas que utilizan equipos de protección individual para la cabeza en la forma de casco abierto. Sin duda alguna el casco integral es el mejor dispositivo para proteger la cara de un usuario frente a una colisión frontal o fronto-lateral, pero las ventajas que proporcionan los cascos abiertos y que se relacionan con la visión periférica, el confort, la ventilación, el volumen que ocupan, la apariencia estética, la funcionalidad o el peso, hacen que sean ampliamente utilizados. Hay multitud de aplicaciones en las que los usuarios necesitan tener el cráneo protegido, incluyendo la parte occipital y temporal, pero además requieren que la zona frontal esté libre de obstáculos para desempeñar sus labores adecuadamente, como por ejemplo en los equipos de protección civil, bomberos, fuerzas de seguridad del estado o motociclistas. En el caso de estos últimos los datos indican que la probabilidad de tener un accidente circulando en moto es muchísimo mayor que en coche, y que además en un tercio de los accidentes de moto se produce un impacto directo en la zona de la mandíbula y esta zona no está protegida por un casco de tipo abierto. Por lo tanto, la pregunta que suscita el análisis de peligrosidad de estos equipos es ¿existe la posibilidad de mejorar la seguridad de estos cascos sin renunciar a sus ventajas?

La exposición del análisis anterior y los defectos del estado de la técnica, conducen por lo tanto a la construcción de la hipótesis base este trabajo y que más adelante se prueba y se certifica, a lo largo de su desarrollo. La enunciación de la misma se define a continuación:

Es posible proponer un nuevo tipo de casco abierto con un sistema de protección mandibular, que mejora las características de seguridad frente a los modelos existentes.

Este nuevo tipo de protector craneal será innovador, realizable, funcional, de alto valor añadido y comercialmente competitivo, y para su obtención se aplicarán técnicas de diseño que además integren aspectos para la protección de los resultados de investigación mediante herramientas de propiedad industrial o intelectual.

4 Metodología

4.1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de este apartado, se desarrolla una metodología de diseño que aborda la resolución del problema técnico planteado en base a la hipótesis de partida y bajo la perspectiva de la protección de los resultados de investigación, de acuerdo a lo planteado en los apartados anteriores.

La obtención de soluciones aplicando el esquema de trabajo que se propone permite reducir el riesgo de incumplimiento de requisitos de patentabilidad y el riesgo por infracción de patente, lo que faculta al titular de las invenciones a protegerlas adecuadamente, obteniendo así una ventaja competitiva sobre sus competidores.

El desarrollo de una o varias de las propuestas patentables de forma específica, sirve además para ratificar la proposición de la que parte esta investigación corroborando la aplicabilidad de esta metodología.

4.1.1 LA IMPORTANCIA DE LA PROTECCIÓN DE LOS RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo de inventos o nuevos productos sin un estudio relevante de su utilidad provoca una serie de pérdidas tanto económicas como de imagen y tiempo que, en estos momentos de alta competitividad, son incompatibles con el desarrollo tecnológico ya no solo a nivel de organización, sino de región e incluso de país.

La protección de resultados de investigación es un elemento vital para la economía de todos los países y los agentes económicos que os componen. La relación entre la competitividad de una nación o de una empresa y su cartera de tecnologías protegidas son dos aspectos que se relacionan íntimamente a la vista de los resultados estadísticos [52], Igualmente, los derechos de propiedad intelectual y la capacidad de hacerlos valer es un indicador clave en la valoración de la competitividad de una nación [53]. La protección de las innovaciones es considerada una ventaja competitiva nacional, lo cual se puede comprobar en países líderes en tecnología y comercio internacional como Japón y Estados Unidos.

Estas son algunas de las razones por las que actualmente hay una tendencia generalizada orientada a sensibilizar a los productores tecnológicos respecto a la propiedad industrial, mediante la creación y perfeccionamiento de instrumentos y políticas específicas. Un ejemplo es el Plan de Promoción de la Propiedad Industrial en España 2010-2012 [18], surgido con el objetivo de incrementar el número de resultados protegidos, con especial atención a los que provienen de actividades de I+D+i financiadas estatalmente.

Un ejemplo muy clarificador a este respecto es la progresión de China respecto a la protección de tecnologías mediante patente. Los datos de China en año 2012 [4] indican que las solicitudes de patente se han incrementado en un 24% respecto al periodo anterior. Esto supone el doble del crecimiento registrado en Europa (EPO), que se sitúa en el segundo puesto de la lista.

En términos globales, la tendencia de solicitudes de patentes en China es espectacular. Todo parece indicar que, junto a otros países con economías emergentes como Brasil, formará próximamente un grupo destacado que desbancará de los primeros puestos a países que tradicionalmente los ocupan, como el Reino Unido.

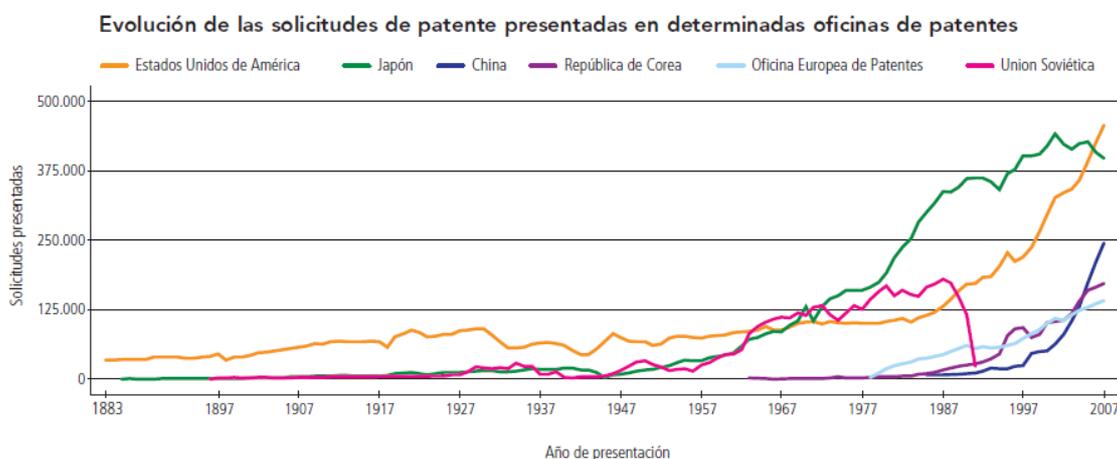


Ilustración 14 Gráfico con la evolución de solicitudes de patente. WIPO/OMPI 2009, con especial relevancia de China

La trascendencia de la propiedad intelectual se ha trasladado igualmente a las universidades y a los organismos públicos de investigación. Esta situación se refleja en el hecho de que en los últimos años han ido adoptando estrategias como el modelo tripe hélice [54] en el que se fomentan las relaciones entre estado, universidad y empresa, o en que han ido desarrollando una tercera misión, que se complementa con las dos misiones académicas más tradicionales de docencia e investigación: la transferencia tecnológica. De esta forma la transferencia de activos al sector privado

mediante licencia de propiedad intelectual-industrial sigue los modelos establecidos en Estados Unidos desde hace más de 30 años, a partir de la implantación de la *Bayh-Dole Act* [55], cuyos resultados contribuyen a situarlo como una de las economías más fuertes del planeta.

Pese a todo, existen realidades en países como España, en los que los datos muestran que el número de títulos de propiedad sobre resultados de investigación es muy bajo y además no se corresponde con el tamaño del país ni con los recursos invertidos en I+D+i. Hay múltiples razones para explicar esta situación, aunque una de las más poderosas es simplemente cultural y de falta de sensibilidad [18] hacia estas cuestiones.

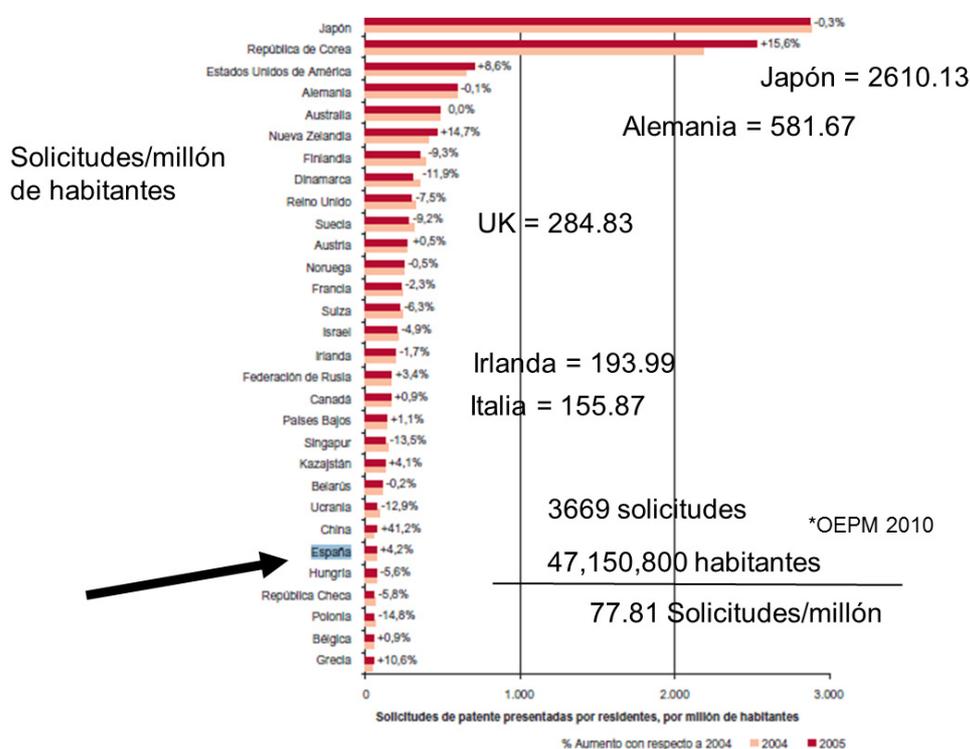


Ilustración 15 Solicitud de patente por millón de habitantes La flecha señala España. WIPO/OMPI 2009

Por ejemplo, atendiendo al número de solicitudes por millón de habitantes, cabría esperar unos resultados similares a los de países como Irlanda o Italia. Sin embargo, los datos para España [56] son sustancialmente inferiores a lo esperado, siéndolo casi en un 50% y un 60% en relación a Italia y a Irlanda respectivamente. Si se compara con la nación europea mejor posicionado de la lista (Alemania) la diferencia es de un 87%.

La literatura muestra muchísimos criterios que respaldan la importancia de la protección de las innovaciones para alcanzar y sostener el liderazgo económico y tecnológico. En los países emergentes la protección tecnológica es uno de los

aspectos más relevantes en relación a su crecimiento sostenido, tal como muestra el incremento de solicitudes de patentes en lugares como Brasil o China.

Por otra parte, los sectores intensivos en tecnología apuestan por las patentes como herramientas de protección y de competencia. En consecuencia, las conocidas como guerras de patentes aumentarán probablemente su virulencia en el futuro, lo que dejará fuera del mercado a las organizaciones que no dispongan de armas, en forma de títulos de protección, con las que luchar o defenderse.

4.1.2 EL PROBLEMA DE LA PATENTABILIDAD

Las leyes de patentes de casi todos los países indican ciertos requisitos para considerar una invención como patentable. De entre todos, existen tres requisitos básicos que se replican en todas las normas y que son fruto de la armonización de los sistemas de patentes a lo largo de la historia. El incumplimiento de alguno de estos requisitos supone la imposibilidad de proteger una invención, al menos mediante el sistema de patentes. Las diferencias entre las distintas legislaciones de patentes a este respecto se encuentran en la interpretación del alcance de los requisitos referidos y en las excepciones de patentabilidad, comentadas más pormenorizadamente en el Anexo I. En relación a esto, la tendencia es la disposición de reglas comunes para todos los estados con una interpretación universal que faciliten la internacionalización de productos y den cierta seguridad jurídica a los titulares de las invenciones respecto a la introducción de innovaciones en mercados internacionales, lo cual es fundamental en países emergentes con una perspectiva de comercio enorme, como China, India o Brasil.

Así por ejemplo, la Ley de patentes española [57] especifica los requisitos de patentabilidad en el título II del texto:

“Son patentables las invenciones NUEVAS, que impliquen ACTIVIDAD INVENTIVA y sean susceptibles de APLICACIÓN INDUSTRIAL, aun cuando tengan por objeto un producto que esté compuesto o que contenga materia biológica, o un procedimiento mediante el cual se produzca, transforme o utilice materia biológica.”

Cuando se considera una opción de diseño en la que la protección de los resultados de investigación es un elemento importante, se deben tener en cuenta los requisitos de patentabilidad en las fases primarias del proyecto. Al igual que los condicionantes de calidad, coste, ergonomía, medioambiente, funcionalidad, ensamblaje, fabricación, embalaje o físicos, los requisitos de patentabilidad pueden forzar un

cambio en la propuesta inicial de una solución o el abandono del proyecto por la imposibilidad de alcanzar el mínimo exigido.

Posponer este tipo de análisis a las fases finales del proceso entraña un riesgo enorme, que en el mejor de los casos puede suponer la comercialización de un producto sujeto a imitaciones. En el caso de que además tenga éxito, la copia es segura, y la competencia pasa a una cuestión de guerra de precios y de reducción de costes de producción, con lo que la sostenibilidad de la empresa y la recuperación de las inversiones en I+D+i pueden verse comprometidas. En un escenario más desfavorable, el creador puede verse obligado a obtener una licencia sobre una invención patentada con anterioridad, a cambio de un precio no siempre dinerario (licencia cruzada de patentes, regalías sobre ventas, restricciones territoriales sobre el comercio, etc.). La consecuencia más grave es la prohibición legítima por parte de un tercero de explotar la tecnología, ya que es titular de una patente previa dentro de cuyo alcance se encuentra la invención. Si la inversión en investigación y desarrollo no se puede recuperar, los efectos pueden ser irreparables.

4.1.2.1 *Novedad*

Se considera que una invención es nueva cuando no está comprendida en el "estado de la técnica" en la fecha en la que se solicita. El estado de la técnica está constituido por TODO lo que antes de la fecha de presentación de la solicitud de patente es accesible al público en España o en el extranjero por una descripción escrita u oral, por una utilización o por cualquier otro medio. Por lo tanto la novedad de un invento deber satisfacerse no solo en relación a patentes anteriores sino a todo el estado de la técnica a disposición pública, escrito o no (ej.: tesis doctorales, publicaciones en libros o revistas, exposiciones, conferencias, etc....) e incluye también las publicaciones del propio inventor. A este respecto existen diferencias entre las distintas legislaciones, aunque la definición "prioridad" tiene a homogeneizarse en todo el mundo [58]. La revelación precedente se compara con cada uno de los elementos o etapas de la realización cuestionada y puede ser explícita o implícita [59].

4.1.2.2 *Actividad inventiva*

Se considera que una invención implica actividad inventiva si aquélla no resulta del estado de la técnica de una manera evidente para un experto en la materia.

La figura del experto en la materia no está definido en ninguna legislación, pero en los diferentes manuales de examen de patente publicados por las diferentes oficinas estatales, se propone como experto a una persona hipotética con competencias normales en la técnica y que está al corriente del conocimiento general común a la fecha de la presentación de la solicitud de patente, pero que no es un especialista o un genio.

Uno de los métodos más utilizados para considerar la actividad inventiva es el método problema-solución [60]. Este método comprende tres pasos fundamentales

- Identificar el estado de la técnica más próximo a la realización cuestionada.
- Establecimiento del problema técnico que se resuelve.
- Análisis de si la invención reivindicada hubiera sido o no obvia para el experto en la materia si éste hubiera usado como punto de partida el estado de la técnica más próximo.

El análisis del último paso del método es el más difícil de establecer. Para resolverlo se utiliza la fórmula: podría vs habría. Si la respuesta a la siguiente pregunta es positiva, significa que la invención es obvia y por lo tanto no patentable:

¿Existe alguna indicación o solución en el estado de la técnica que habría (no simplemente podría) conducido al experto en la materia, modificando o adaptando el estado de la técnica más próximo, a obtener una solución mediante características técnicas no descritas anteriormente, y que está dentro del alcance de los términos de las reivindicaciones cuestionadas, logrando lo que la invención cuestionada pretende asimismo lograr?

La cuestión anterior simplemente trata de dilucidar si la solución aportada, aun siendo nueva, es obvia o no para un experto, de forma que examinando el estado del arte, la solución ES evidente, en contraposición a PUEDE SER evidente. A este respecto, una invención puede ser efectivamente nueva porque no está incluida en el estado de la técnica en el momento de su protección, pero puede carecer de actividad inventiva.

Por ejemplo, un ratón de ordenador que comprende un sensor de temperatura y que puede determinar el grado de confort de una persona en una habitación puede ser un invento nuevo (no hay nada igual en el mercado, y ni siquiera se ha descrito en ningún documento, y menos aún de patente) y por lo tanto cumplir el primer requisito de patentabilidad.

Sin embargo es fácil entender que carece de actividad inventiva puesto que cualquier persona (en este caso no hace falta ser un “experto en la materia”) puede llegar a esta invención sin necesidad de “aportación intelectual significativa”. Es decir, que el invento no conlleva un salto inventivo al alcance de un experto, sino que es más bien algo que, a poco que se piense, se puede obtener, ya que lo que se está haciendo es unir dos tecnologías sobradamente conocidas para un propósito determinado. En definitiva, en este caso se trataría de un invento nuevo, pero sin actividad inventiva y por lo tanto no patentable.

El examen de la actividad inventiva tiene en cuenta el estado de la técnica mediante documentos individuales, tal como ocurre para evaluar la novedad, pero también la combinación de documentos. Por lo tanto, es fácil prever que la actividad inventiva, junto con la novedad son dos de los requisitos más difíciles de superar cuando se pretende patentar una invención

4.1.2.3 Aplicación industrial

Se considera que una invención es susceptible de aplicación industrial cuando su objeto puede ser utilizado o fabricado en cualquier tipo de industria, incluida la agrícola.

No se considerarán como invenciones susceptibles de aplicación industrial, los métodos de tratamiento quirúrgico o terapéutico del cuerpo humano o animal ni los métodos de diagnóstico aplicados al cuerpo humano o animal. Esta disposición no es aplicable a los productos, especialmente a las sustancias o composiciones, ni a las invenciones de aparatos o instrumentos para la puesta en práctica de tales métodos.

En general son pocas las invenciones y diseños que no cumplan el requisito de aplicación industrial, a no ser los casos que caigan dentro del ámbito de prohibiciones específicas que establece cada país, especialmente los relacionados con la salud humana o la bioética [61].

4.2 PROPUESTA METODOLÓGICA

En los capítulos y apartados precedentes se han comentado aspectos relacionados con el diseño de productos y la protección de resultados de investigación. Para afrontar la propuesta de una invención patentable que solucione los problemas detectados en el estado de la técnica basándose en la hipótesis de partida, se

propone el siguiente método de trabajo que proporcionará como resultado una invención que cumple con todos los requisitos de patentabilidad de novedad universal, actividad inventiva y aplicación industrial, y que además la verifica a partir del desarrollo de una o varias de las realizaciones específica.

La propuesta metodológica también contempla otros escenarios posibles que aunque son menos deseables, podrían aflorar en el proceso inventivo, como por ejemplo la imposibilidad de obtener una patente sobre la tecnología ideada. En cualquier caso, mediante la aplicación de este método se reduce el riesgo de infracción de derechos sobre invenciones de terceros, lo que mantiene la posibilidad de introducir productos en el mercado con garantías.

De entre todas las posibilidades que existen para la protección de resultados de investigación, se consideran para el desarrollo de este trabajo y su metodología la protección de las invenciones mediante patente, por su importancia y por las características del resultado esperado. Gracias a las propiedades de compatibilidad y de independencia, otros derechos, como marcas o diseño industrial pueden concurrir en los resultados obtenidos si el titular de la invención así lo considerase. Sin embargo, son las patentes las únicas que requieren el cumplimiento de unos requisitos específicos que pueden determinar las características técnicas e incluso los formales de un diseño que pretenda ser protegido mediante esta modalidad.

A los efectos de este trabajo, se consideran a los modelos de utilidad como una forma de patente que protege invenciones de menor categoría. El tratamiento del proceso de diseño por lo tanto es válido, aunque finalmente se seleccione como método de protección el modelo de utilidad. Es conveniente mencionar sin embargo que, si la decisión de protección por modelo de utilidad es determinante y se realiza al inicio del proyecto de diseño, los requisitos que debe cumplir la invención son más relajados, lo que simplifica el proceso de obtención de un resultado protegible aplicando este método.

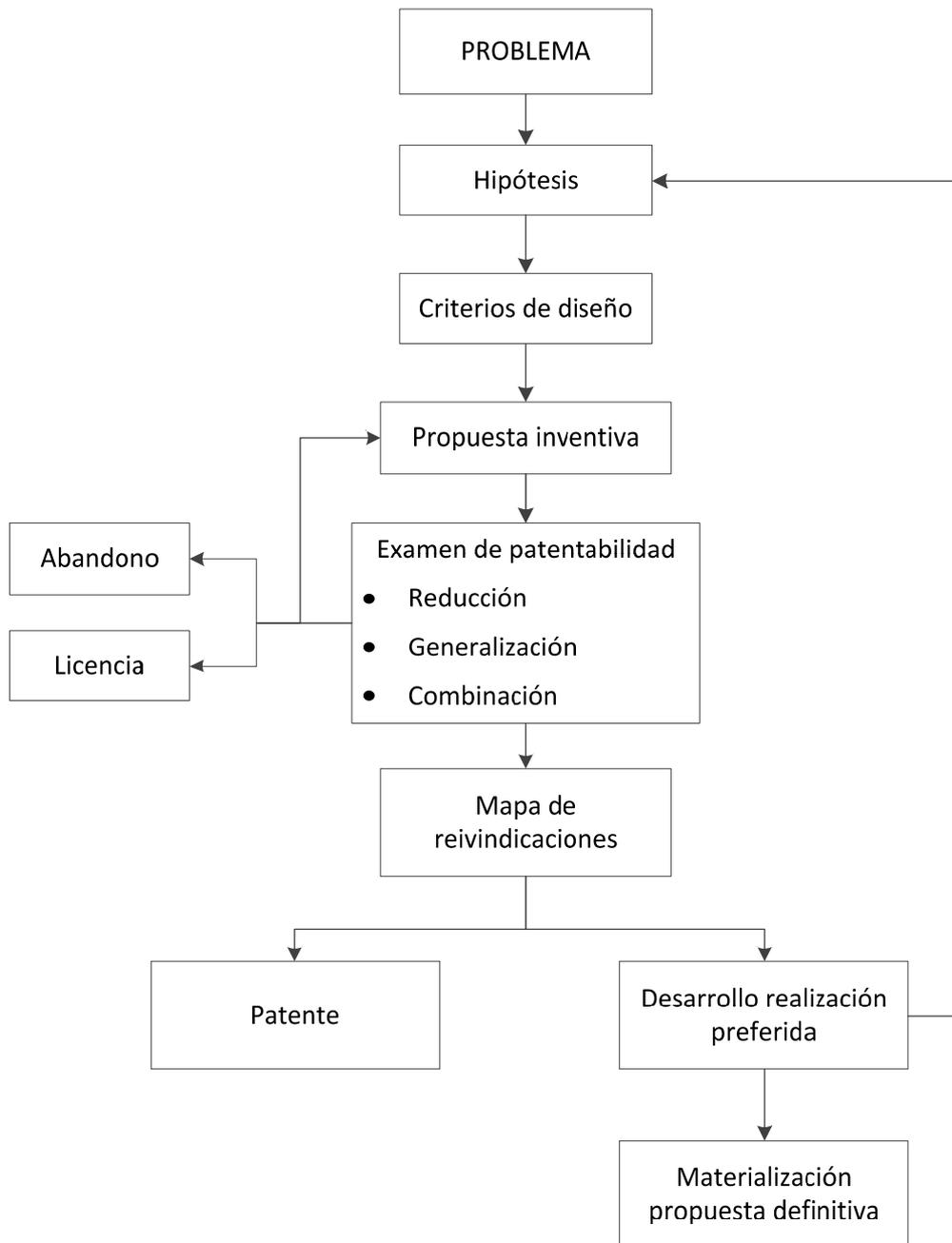


Ilustración 16 Metodología

4.2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El primer paso de cualquier proceso de diseño es definir el problema que se pretende solucionar y exponerlo de forma clara y concisa, con la información suficiente para que en lo posible no haya lugar a múltiples interpretaciones.

4.2.2 CRITERIOS DE DISEÑO

Los criterios de diseño y restricciones de partida permiten acotar las soluciones dentro de unos límites previamente establecidos. Estos criterios pueden introducirse por parte de un usuario final, un cliente o un técnico, y pueden ser de varios tipos: funcionales, formales físicos, etc.

El establecimiento y el tratamiento de los criterios de diseño, varía en función de la metodología que se emplee para resolver el problema. En este trabajo, se parte de una serie de criterios generales y deseables, que condicionan en parte la propuesta de características técnicas en las que se estructura la invención. Estos condicionantes de partida deben ser necesariamente genéricos ya que lo que se persigue es generalizar la definición de la invención para que el alcance de las reivindicaciones abarque un campo amplio de la técnica y que así sea difícil circunvalar la protección por parte de terceros. Por ejemplo, si una restricción de partida es una cierta temperatura de operación, no conviene restringir la invención innecesariamente en esta fase de desarrollo. Es más recomendable indicar un intervalo muy amplio que luego se reducirá si es necesario en el desarrollo de las realizaciones específicas. Lo mismo ocurre con otros criterios como por ejemplo cierto peso o cantidad de componentes. En todo caso no se debe perder de vista que las restricciones y condicionantes sean adecuados al objeto, es decir, físicamente posibles. Por ejemplo, no es creíble proponer un ancla para un buque de gran tonelaje que sea ligera, o un molde de plástico cuya restricción de operación sea albergar acero fundido.

Una vez definido en los pasos finales el mapa de reivindicaciones que permite implementar la protección de la invención propuesta, se pueden añadir nuevos criterios de diseño o especificar más los anteriores, con el fin de materializar las realizaciones concretas aplicando cualquier otro procedimiento adecuado para el desarrollo de productos.

4.2.3 PROPUESTA INVENTIVA

A partir de la definición del problema y del espacio de trabajo se inicia un proceso de propuesta de ideas con la intención de lograr una solución patentable.

En este paso intervienen procesos de creatividad de tipo individual o colectivo (TRIZ, tormenta de ideas, asociación de palabras, listas de atributos, etc.). También conviene revisar el estado de la técnica para comprobar si existen antecedentes o resultados que sirvan de inspiración para enfrentarse al reto resolutivo, o para descartar

propuestas que, sin necesidad de un análisis más pormenorizado, resulta evidente que no cumplen los requisitos de patentabilidad.

La definición de las invenciones generadas mediante una lista de características técnicas es vital para poder abordar la protección de un diseño, y es de esta forma como se proponen las diferentes invenciones para el casco protector. En otros métodos ya se sugiere este tipo de tratamiento, aunque se denominan de otras formas, como por ejemplo los DPs o parámetros de diseño del diseño axiomático.

El resultado de esta fase está encaminado a obtener una buena definición de la invención a través de una lista de características técnicas, aptas para ser incluidas en una reivindicación general e independiente. Las posibles realizaciones particulares de la definición anterior, también se pueden ir estableciendo simultáneamente, aunque éstas permanecen en un nivel secundario que se considerará en la forma de reivindicaciones dependientes de la principal. En general, los conceptos inventivos que se generan se definen por lo tanto mediante:

- Reivindicaciones independientes: se refieren a los distintos objetos inventivos (producto/s, método/s uso/s) descritos con características técnicas amplias y menos limitativas y que aun así cumplen los requisitos de patentabilidad. El examen de patentabilidad del paso posterior se realiza sobre la definición recogida en este tipo de reivindicaciones principales.

- Reivindicaciones dependientes: son de la misma categoría de la reivindicación de la que dependen y su alcance es un subconjunto del alcance de esta última.

Cada característica técnica es una unidad conceptual basada en elementos estructurales, elementos funcionales, elementos intencionales o elementos paramétricos, y para formularlas se recomienda contemplar las recomendaciones al respecto que se mencionan en el Anexo I. En este Anexo I también se profundiza en las diferencias entre categorías de reivindicaciones, su estructura, en la comprensión e interpretación de la distribución de dependencias y en la definición del alcance de la protección que proporcionan, tal como se establece en las leyes, la doctrina y los manuales de las distintas oficinas de patentes.

La organización de la invención en realizaciones principales y preferidas permite afrontar la protección de los resultados de forma mucho más eficiente ya que sirven para estratificar el alcance de la invención y separar las características técnicas y los componentes inventivos jerárquicamente en función de su importancia, pero no

desde el punto de vista funcional o ingenieril, sino de cara a la protección fuerte de la invención.

4.2.4 EXAMEN DE PATENTABILIDAD

Una vez obtenida la propuesta inventiva definida con las características técnicas consideradas, hay que realizar un examen de patentabilidad. Para ello se debe explorar el estado de la técnica cercano y comprobar que no hay documentos que anticipan la invención de forma que destruyan su novedad o actividad inventiva y de paso asegurar que no se infringen las patentes vigentes de terceros.

La doctrina de los equivalentes, la regla de la simultaneidad y el test de novedad y actividad inventiva son una serie de herramientas conocidas y exploradas con mayor detalle en el Anexo I de este trabajo, pero sobre todo muy útiles para determinar si una propuesta inventiva es o no patentable. Estas tres herramientas son por lo tanto las directrices que permiten establecer las bases del examen de patentabilidad que se recoge en esta metodología.

El resultado de este examen puede ser uno de los siguientes:

- La obtención de mapa de reivindicaciones definitorio de la invención y sus variantes, apto para protegerla con una patente o para comercializarla sin patentarla pero sin infringir patentes de terceros.
- El descubrimiento de documentos en el estado de la técnica que afectan a los requisitos de patentabilidad de la invención o que resultan en la infracción de patentes de terceros, con lo que:
 - Se decide modificar la propuesta inventiva para adaptarla en función de estos resultados y así o bien poder patentarla cumpliendo los requisitos de patentabilidad o bien circunvalar el alcance de la protección de terceros.
 - Se decide modificar la propuesta inventiva para circunvalar la protección de terceros, pero sin el ánimo de patentar la invención, bien por ser una decisión del titular, bien por la imposibilidad de cumplir los requisitos de patentabilidad.
 - Se decide abandonar el proceso, bien por la imposibilidad de circunvalar la protección de terceros bien porque no es posible cumplir los requisitos de patentabilidad.

- Se decide intentar optar a una licencia sobre la tecnología patentada por otros, dentro de cuyo alcance se encuentra la invención propuesta.

El resultado esperado en este trabajo es la obtención directa de una invención patentable o una modificación iterativa de las características técnicas de las propuestas de partida que garanticen lo anterior.

Cuando se hace una proposición inventiva con una lista de características técnicas, es muy común que la primera propuesta en realidad sea una realización específica de la invención, con limitaciones innecesarias respecto al alcance de la protección, aunque también puede ocurrir que el alcance de alguna característica técnica sea demasiado amplio, entrando en conflicto con lo protegido por patentes anteriores.

La regla de la simultaneidad y de los equivalentes conduce al planteamiento de que la reivindicación principal debe contener características técnicas generales, y en el menor número posible, aunque de forma que la reivindicación siga resolviendo el problema técnico de forma novedosa y con actividad inventiva.

A partir de la lista de características técnicas resultantes del paso anterior, que definen la propuesta inventiva preliminar, se debe por lo tanto reducir, generalizar y combinar en lo posible los conceptos que detallan la reivindicación independiente. En este proceso, simultáneamente se pueden ir generando las diversas realizaciones preferidas, en donde se particularizan las características principales de la invención, y que se podrán plasmar en reivindicaciones dependientes.

Para acometer el examen de patentabilidad se realiza una comparación de características técnicas de la propuesta con las recopiladas del estado de la técnica desde la perspectiva de la novedad, la actividad inventiva y el alcance de la protección de las patentes de terceros, utilizando las herramientas de interpretación y análisis de infracción que se mencionan pormenorizadamente en el Anexo I. También se pueden utilizar metodologías que faciliten este proceso de razonamiento, como las recogidas en manuales especializados en las que se usan tablas de análisis para la construcción de invenciones sobre dispositivos electromecánicos [14].

Como resultado de este examen, se puede validar directamente la primera propuesta inventiva o modificarla, bien realizando una reformulación de la invención con otras características técnicas o a partir de la reducción de la estructura de componentes y la unificación de redundancias en una sola característica más general, o bien reduciendo las expectativas del alcance de la protección de la invención (amplitud

de rangos, longitudes, componentes, etc.) en el caso de infringir la protección de una invención ajena.

De esta forma, las soluciones conceptuales inicialmente planteadas, descritas mediante características técnicas, pueden tener que modificarse para superar el examen de patentabilidad. Estas modificaciones tienen un impacto directo en la definición del diseño y pueden cambiar sustancialmente las propuestas de partida para resultar en una invención patentable.

4.2.4.1 Reducción

Para la reducción de la propuesta se puede emplear una tabla de análisis como la que se recoge en la literatura [14], aunque para integrarla mejor en la metodología propuesta se ha ampliado para incluir una columna con el número de elemento, que en caso de usarse en las figuras, además servirá de guía y referencia para redactar la patente.

Tabla 1 Análisis de reducción

ELEMENTO	Nº	STEP 1		STEP 2		STEP 3	
		¿necesario para la función de la reivindicación?		¿significativo para la novedad de la reivindicación?		¿requerido para satisfacer cualquiera de los dos, funcionalidad o novedad?	
		Sí	No	Sí	No	Sí	No
Elemento 1	1	x			x		x
Elemento 2	2	x			x		x
Elemento 3	3	x		x		x	
Elemento 4	-	x		x		x	
Elemento 5		x			x		x

En el Paso 1 se identifica si un elemento o característica técnica es fundamental para que la invención cumpla con su objetivo, o puede optarse por prescindir de él y formar parte de una realización preferida, por ejemplo como un elemento adicional.

En el Paso 2 se señala si el elemento es importante para establecer la novedad de la invención (o la actividad inventiva). En este punto es necesario realizar una comparación entre la invención propuesta y los documentos contenidos en el estado de la técnica más cercanos a la misma. Para resolver esta cuestión se recomienda revisar las definiciones de los requisitos de patentabilidad y los comentarios realizados al respecto contenidos en este trabajo, además de las aportaciones reflejadas en el

Anexo I en relación a la interpretación e infracción de las reivindicaciones, así como las estrategias para solucionar los conflictos.

En el Paso 3 se decide si esa característica debe permanecer en la reivindicación o si se puede reducir su extensión descartándola o reivindicándola como una preferencia. Si en el Paso 1 y en el Paso 2 se ha considerado un sí, el resultado del Paso 3 es sí (Si 1 Sí y 2 Sí -> Sí). Así, esa característica técnica es efectivamente relevante para definir el alcance de la protección y necesaria para la reivindicación, aunque aún puede generalizarse o combinarse con otras.

Si esta característica no es importante y no cumple los requisitos de patentabilidad entonces no es relevante para la reivindicación principal y debería considerarse su eliminación.

Si la característica analizada es insignificante para la funcionalidad pero no lo es para la patentabilidad, hay que reflexionar sobre su eliminación definitiva, sobre todo si es la única característica de la reivindicación que dota de novedad y actividad inventiva a la propuesta. En este caso, aunque un elemento puede parecer superfluo para solucionar el problema, desde el punto de vista de la patentabilidad es relevante y debería permanecer en la reivindicación principal.

De forma parecida a lo anterior, si una característica es superflua para asegurar la patentabilidad pero por el contrario es necesaria para asegurar la solución del problema técnico, hay que estimar adecuadamente su permanencia en la reivindicación independiente, su eliminación, o su traslado al preámbulo de la reivindicación.

En el peor de los casos, ninguna de las características propuestas es relevante y por lo tanto no se puede reivindicar la invención así definida. Ante este caso se puede hacer una reformulación completa de la invención, de forma que se propongan nuevas alternativas con características técnicas patentables.

4.2.4.2 Generalización

Siguiendo con el proceso, en esta fase se debe primero tratar de generalizar la terminología con la que se definen las características técnicas que permanecen, aunque con cuidado de no ampliar la definición hasta el punto de afectar a la novedad o la actividad inventiva. Así por ejemplo, se puede generalizar el término "engranajes" mediante el empleo de la expresión más genérica "medios de

transmisión", la cual engloba a una cadena de engranajes, pero además a otras posibles realizaciones como un conjunto de poleas con correa, un sistema hidráulico de cilindro y embolo, un conjunto de bieletas, un tornillo sinfín, etc. En reivindicaciones dependientes, se podrán indicar estas realizaciones más concretas, que entran dentro del alcance de la definición más general.

Es necesario incidir en que la generalización debe ser consecuente con el cumplimiento de los requisitos de patentabilidad. Por ejemplo: la definición de una invención sólo tiene como característica técnica la anterior, de la forma "dispositivo para la elevación de carga que comprende unos engranajes epicicloidales". Si esta característica técnica particularizada es la que soporta la patentabilidad de la invención, una generalización como la indicada (medios de transmisión) podría suponer una falta de novedad o actividad inventiva en relación a los ascensores o montacargas, por ejemplo.

Para facilitar la labor de generalización se puede utilizar un cuadro como la Tabla 2, en la que se recoge la generalización de las características técnicas y la terminología resultante.

Tabla 2 Análisis de generalización

ELEMENTO	Nº	STEP 4		
		¿Se puede generalizar la terminología de los componentes?		
		Sí	No	Nueva terminología
Elemento 1	1	x		
Elemento 2	2	x		
Elemento 3	3	x		
Elemento 4	-	x		
Elemento 5	-	x		

4.2.4.3 Combinación

El último paso es comprobar si existen características técnicas que puedan ser combinadas, reduciendo aun más la extensión de la reivindicación principal sin perder de vista los criterios para patentar. Por ejemplo, podría ser que unos medios motores controlados mediante un encoder electrónico y un mando operable manualmente se pudieran combinar, obteniendo unos medios motores y un sistema de control. Si se considera adecuado se pueden indicar, como realizaciones preferidas las variantes de la combinación (sistema de control) que por ejemplo podrá ser operado

manualmente (realización aun más preferida) o mediante un algoritmo programado (realización aun más preferida, al mismo nivel que la anterior).

Tabla 3 Análisis de combinación

ELEMENTO	Nº	STEP 5		
		¿Se pueden combinar componentes?		
		Sí	No	Combinación
Elemento 1	1	x		
Elemento 2	2	x		
Elemento 3	3	x		
Elemento 4	-	x		
Elemento 5	-	x		

El resultado de todos estos pasos es una lista de características técnicas adecuadas para formar parte de una o varias reivindicaciones independientes. Las concreciones o realizaciones preferidas de la invención se indican en reivindicaciones dependientes de las anteriores, formando así un conjunto estructurado de dependencias que se sintetiza en el mapa de reivindicaciones.

Aunque el titular de los resultados de investigación no deseara proteger la tecnología desarrollada mediante patente, es necesario definir la invención y su alcance en términos de características técnicas para prevenir la infracción de patentes ajenas. Una invención descrita como un conjunto de reivindicaciones, incluso si no se va a patentar, permite realizar un examen de patentabilidad adecuado y lo que es más importante, permite conocer el máximo alcance que puede adquirir la invención sin impactar en la tecnología protegida por otros. Si no se considera este aspecto, el titular de la creación, aun siendo bienintencionado, se puede enfrentar a un desagradable proceso judicial cuyo resultado puede ser una indemnización o a la imposibilidad de explotar la tecnología en determinados territorios.

4.2.5 MAPA DE REIVINDICACIONES

A partir del examen de patentabilidad se puede obtener una o varias reivindicaciones independientes y dependientes condensadas en un mapa de reivindicaciones, con la suficiente fortaleza como para considerar con ciertas garantías la comercialización directa o emprender la patente de la invención.

Sin embargo es necesario indicar que siempre existirá cierto grado de incertidumbre en relación la viabilidad de la protección o la infracción de patentes de terceros.

Por una parte, el proceso de tramitación de una patente, desde que se solicita hasta que se concede, conlleva un análisis formal y técnico por parte de un examinador de la oficina receptora, que puede conducir a un suspenso de la solicitud, la revelación de objeciones, la valoración negativa de la novedad o actividad inventiva o la denegación de la concesión. Además de lo anterior, hay un punto del proceso en el que la concesión está abierta a oposiciones de terceros. Esto supone un inconveniente, habida cuenta de que la protección de la invención comienza desde el momento en que se solicita la patente, aunque esté subrogada a la concesión de la misma y sea provisional. Por lo tanto, no es raro que un titular comience a explotar una invención antes de tener la confirmación de la concesión de la patente, que se puede producir hasta dos años después de la solicitud de la misma.

Por otra parte, la validez de una patente no es irrefutable, y puede cuestionarse incluso una vez se ha concedido, a pesar de tener un buen informe sobre el estado de la técnica o de utilizar el procedimiento de concesión con examen previo [57]. Aun teniendo una invención protegida mediante una patente concedida y válida en un territorio, el titular de la misma siempre puede sufrir una demanda por parte de un tercero, tras la que se inicia un litigio en el que un tribunal dictamina si la patente es efectivamente válida y con el alcance reivindicado en los términos en los que se concedió. Es decir, los estados, a través de las oficinas de patentes, no sirven de garantes de la validez del monopolio otorgado, y un juez o jurado puede declarar nula una patente incluso si está concedida.

Este grado de incertidumbre está íntimamente relacionado con el acceso a la información y la capacidad de realizar una buena vigilancia tecnológica. En la práctica es poco probable que se llegue a conocer todo el estado del arte relacionado con una invención tal como lo definen las leyes de propiedad industrial en el momento de la solicitud de la patente, aunque se realice un examen sistemático del mismo. Por una parte la producción científica y tecnológica de hoy en día resulta abrumadora. Por otra, los documentos de patente no se publican hasta que pasan unos meses desde la solicitud (como mínimo 6 meses en España). Si además el titular los mantiene en secreto durante ese periodo, los solicitantes que registren invenciones durante ese lapso temporal no pueden tener acceso a la información, la cual puede comprender realizaciones que anticipan su invención, destruyendo así la novedad y actividad inventiva de su creación.

4.2.6 PATENTE

Mediante la propuesta estructurada de reivindicaciones se puede proceder a la redacción de la solicitud de patente, completando la memoria a partir de las recomendaciones señaladas en el Anexo I, los aspectos formales recogidos en las guías del solicitante que normalmente editan las oficinas receptoras y las leyes nacionales sobre propiedad intelectual o industrial.

4.2.7 DESARROLLO DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS DE INTERÉS Y SU MATERIALIZACIÓN

Cuando se solicita una patente, se confirma la fecha de prioridad y la protección provisional de la invención. Aunque el desarrollo del producto se podría llevar a cabo simultáneamente a la elaboración de la patente, es recomendable hacerlo a continuación de la solicitud, sobre todo si para la definición detallada de la invención es necesario el trabajo colaborativo con terceros con los que es necesario compartir información. Aunque los acuerdos de confidencialidad son una herramienta útil para salvaguardar el conocimiento sensible, siempre es mejor disponer de la protección que ofrece una patente, aunque sea provisional.

A partir de este instante, se pueden aplicar métodos de diseño específicos para el desarrollo definitivo de la invención a partir de alguna de las realizaciones preferidas, o proseguir con el desarrollo si ya se había iniciado anteriormente. En esta etapa, en general no es necesario considerar de nuevo los aspectos relacionados con la protección, siempre que los diseños específicos se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones que definen la invención. Solo hay una excepción a la afirmación anterior: hay que prestar atención si se utilizan productos o procesos muy específicos y patentados para materializar algunas de las partes de las realizaciones preferidas, como por ejemplo un compuesto químico comercial que materialice un propelente o una aleación protegida de altas prestaciones para construir un elemento estructural. El uso anterior deberá permitir la materialización de la invención, bien adquiriendo esos productos a su titular, o bien obteniendo permiso para emplear su patente a través de la transmisión de derechos.

El desarrollo de una realización específica del casco, próxima al producto final, que dé solución al problema detectado en el estado de la técnica y que además consiga una protección mediante patente, es el resultado que confirma la certidumbre de la proposición de hipótesis de la que parte este trabajo. Dada su relevancia para este

estudio, una gran parte del esfuerzo investigador está dirigido al desarrollo de la realización preferida confirmatoria. Esta realización, además plasma de forma tangible los conceptos inventivos patentados y demuestra su viabilidad física, constructiva y comercial.

5 Nuevos conceptos inventivos para la protección mandibular en cascos abiertos

A partir de la metodología anteriormente propuesta y de las indicaciones y recomendaciones particulares señaladas, en este capítulo se desarrolla el concepto del nuevo tipo de casco que resuelve los problemas del estado del arte mediante un nuevo protector craneal de características de seguridad avanzadas.

5.1 CRITERIOS DE DISEÑO

Las ventajas que aprecia un usuario en un casco abierto se han descrito en el apartado 2.5 del capítulo 2, donde se analizó el estado del arte referido a los diferentes tipos de casco. Esta relación de ventajas puede servir de guía para establecer una serie de criterios de diseño que faciliten la propuesta de la solución inventiva. Ordenados por importancia, a continuación se propone una lista de criterios y restricciones generales:

- Protección maxilar: la invención debe proteger la mandíbula y la cara en general, en un evento de impacto frontal o fronto-lateral.
- Debe ser un casco abierto: es decir, se deben conservar las ventajas que ofrecen los cascos abiertos. Por lo tanto no se pueden proponer soluciones que supongan tal transformación formal que las alejen de la definición de la tipología de casco referida. En general, es preferible mantener la apariencia exterior de casco abierto durante la operación normal del dispositivo sin adiciones fijas de componentes o volúmenes, como por ejemplo ocurre en los cascos modulares o desmontables.
- Simplicidad: la utilización del casco debe ser sencilla, sin que suponga un sobreesfuerzo por la realización tareas de operación o de mantenimiento.
- Patentabilidad: la invención debe ser patentable, o al menos no incurrir en la infracción de patentes de terceros.

Otras restricciones y criterios de diseño más particulares, como el coste, el peso, los límites formales, aspectos de usabilidad, fiabilidad, resistencia, rapidez, etc., se tratan en el desarrollo de las realizaciones preferidas de interés, en las cuales se hacen propuestas específicas para la materialización de la invención.

5.2 PRIMERA ITERACIÓN. PROPUESTA INVENTIVA DE PARTIDA

Los criterios y restricciones generales se condensan en el deseo fundamental de ofrecer un concepto que conserve todas las ventajas que un usuario aprecia en un casco abierto y combinarlas con una protección integral efectiva. Las preguntas que se plantean al respecto son:

¿Es necesario que los cascos tengan activados siempre todos los elementos de protección, aunque normalmente no sean necesarios para la circulación?

¿Se podrían diseñar sistemas activos de protección que solo aparecieran cuando se necesitan?

Con la definición del problema técnico y las restricciones del sistema, se pueden aplicar técnicas de creatividad para intentar compatibilizar todos los requisitos con una solución viable. En el caso de este trabajo, se han aplicado técnicas unipersonales de creatividad y más específicamente, los métodos de analogías y asociación de palabras. En ambos casos se trata de abandonar el pensamiento convergente para buscar aproximaciones no evidentes, relacionando conceptos con otros similares, contiguos u obtenibles por contraste.

En el desarrollo del primer concepto inventivo interviene la idea del airbag, que surge como asociación del concepto de protección activable; es decir un sistema que solamente actúe en eventos de colisión, cuando es necesario.

Tabla 4 Ideas para el primer concepto inventivo

Concepto	Asociación- Analogía
Protección activable	- Airbag

Para definir la invención como un conjunto de características técnicas se debe proponer una reivindicación que comprenda este sistema, tal como se muestra a continuación:

1. Casco protector de tipo abierto o Jet que comprende:

- una carcasa exterior que cubre el cráneo del usuario;
- un visor abatible que protege los ojos, la cara y la mandíbula total o parcialmente;
- una barra de refuerzo que remata el visor;
- un sistema de protección y retención inflable alojado en la parte interior o en la exterior de la carcasa exterior con al menos dos bolsas inflables que se inflan tras un impacto y retienen y protegen la cabeza del usuario;
- un contenedor con unos compuestos químicos que producen gas a partir de su combinación en una reacción química, iniciada mediante un iniciador eléctrico;
- un iniciador eléctrico que aumenta de temperatura a partir de las señales de una unidad de control;
- un sensor de impacto electrónico;
- una unidad de control electrónica que activa el iniciador eléctrico a partir de la información obtenida del sensor de impacto electrónico.

5.3 EXAMEN DE PATENTABILIDAD

5.3.1 VIGILANCIA TECNOLÓGICA. PATENTES COMO FUENTE DE INFORMACIÓN

Antes de proceder al examen de patentabilidad se debe realizar un análisis de la información contenida en estado de la técnica cercano a la invención.

En el caso concreto de esta propuesta se ha realizado un informe técnico con comentarios críticos sobre otras invenciones de cascos que tratan de reducir lesiones

por impacto, usando o no dispositivos de *airbag*. El informe incluye la interpretación del alcance de reivindicaciones de patentes de terceros, y se resume en la Tabla 5:

Tabla 5 Estado de la técnica próximo a la invención

Nº Documento	Fecha de prioridad	Comentarios	Comentarios 2. Problema a resolver
DE4020692-A	1992		Cuando la mentonera se aplasta, el aire atrapado sale por los tubos hacia el airbag del frente que se infla. Por tanto la mentonera actúa como un pistón
DE102005006078	2004	Casco con mentonera en forma de barra	Tiene un refuerzo en la barbilla en forma de aro
EP0850575	1998	Airbag- protector del cuello	Lesiones cervicales por excesiva deflexión del cuello
DE19604822	1996	Airbag- protector del cuello	Lesiones cervicales por excesiva deflexión del cuello
ES2270669	2004	Es un casco con airbag para protección cervical. Accionamiento por cable o inalámbrico	Lesiones cervicales por excesiva deflexión del cuello
US5313670	1993	Airbag-collar protector	Lesiones cervicales por excesiva deflexión del cuello
DE4416847	1994	Airbag-collar protector Accionamiento por cable	Lesiones cervicales por excesiva deflexión del cuello
AU634146	1992	Airbag-collar protector	Lesiones cervicales por excesiva deflexión del cuello

5.3.2 REDUCCIÓN

El estado del arte arroja algunas soluciones de cascos con airbags para la protección frente a lesiones. Algunos ejemplos de protección cervical mediante un dispositivo airbag desplegable se encuentran en las patentes EP0850575, DE19604822 o ES2270669, aunque no ofrecen soluciones para la protección frontal de la cabeza.

Tabla 6 Análisis de reducción del primer concepto inventivo

ELEMENTO	Nº	STEP 1	STEP 2	STEP 3
----------	----	--------	--------	--------

	elemento	¿necesario para la función de la reivindicación?		¿significativo para la novedad de la reivindicación?		¿requerido para satisfacer cualquiera de los dos, funcionalidad o novedad?	
		Sí	No	Sí	No	Sí	No
Carcasa	1	x			x	x	
Visor	2	x			x	x	
Barra guía			x		x		x
Bolsas inflables	3	x			x	x	
Contenedor	4	x			x	x	
Iniciador eléctrico	5	x			x	x	
Sensor de impacto electrónico	6	x			x	x	
Unidad de control electrónico	7	x			x	x	

El análisis de la primera propuesta indica que, ninguna de las características planteadas es relevante para la reivindicación por falta de novedad o actividad inventiva, y que por lo tanto o bien se reconstruye la invención mediante una alternativa, o bien hay que abandonar el proceso.

Aunque casi todos los elementos reivindicados son necesarios para que la invención funcione, ninguno de ellos cumple los requisitos de patentabilidad. En el caso del visor, la barra y la carcasa, es obvio, sin necesidad de acudir a los documentos del estado de la técnica, que son soluciones conocidas en dispositivos para la protección craneal, por sí mismos o en combinación. Podría optarse por su traslado al preámbulo de la reivindicación que define la invención. Sin embargo, al ser elementos importantes para la funcionalidad, es mejor incluirlos en la definición, como características técnicas.



Fuente: Peter R. Schlitt. Creative Commons Genérica de Atribución/Compartir-Igual 2.0.

Ilustración 17 Casco de rugby que anticipa el visor, la carcasa y la barra

El resto de elementos, no supera un examen de novedad respecto a los dispositivos de airbag conocidos en la industria automovilística. Incluso si no existieran características técnicas combinadas exactamente igual a como se propone, la relación de elementos de la primera propuesta no logran justificar la actividad inventiva respecto a las invenciones que se han localizado mediante vigilancia tecnológica. Así por ejemplo, existen documentos que señalan invenciones para la protección de la zona maxilar mediante airbag, como la patente DE4020692-A, aunque siempre se refieren a su empleo en cascos integrales, con la mentonera fija.

Además de lo anterior, este análisis prioritario de las características técnicas indica que efectivamente todas ellas, a excepción de la barra, son necesarias para la funcionalidad de la invención, pero hay que resolver si además son suficientes para proteger la mandíbula de un usuario. El análisis del estado del arte y la experiencia tecnológica permiten concluir que la utilización únicamente de dispositivos de airbag en cascos abiertos para la protección frente a impactos maxilares es una solución parcial dado que, en general, las bolsas son muy flexibles, no permanecen infladas en el tiempo, o se pueden rasgar a causa del golpe o la abrasión con el objeto de impacto. La función que normalmente desempeña un dispositivo de airbag es más bien de amortiguamiento, aumentando el intervalo de desaceleración del cuerpo hasta límites fisiológicos admisibles. La función estructural defensiva suele corresponder a otra parte más rígida, como puede ser la carrocería de un coche o la mentonera en un casco integral, que se encarga de contener y disipar la mayor parte de la energía del accidente, deformándose o destruyéndose parcialmente.

Las reflexiones realizadas en este punto indican por lo tanto que es necesario acometer una nueva propuesta inventiva, que considere los aspectos de patentabilidad respecto al estado de la técnica, y los defectos encontrados en la primera alternativa.

Respecto a esta primera iteración, no se prosigue con los procesos de reducción y generalización ya que es necesario un replanteamiento integral de la invención.

5.4 ITERACIONES INTERMEDIAS

Siguiendo con el proceso inventivo y teniendo en cuenta el examen de patentabilidad de la primera propuesta, se utilizan nuevamente estrategias de creatividad para obtener una solución patentable con nuevas características técnicas.

Tabla 7 Ideas para conceptos inventivos intermedios

Concepto

Asociación- Analogía

**Protección
activable**

- Airbag
(amortiguamiento)

- Protectores
(protección)



"Predator"Creative Commons Genérica de
Atribución/Compartir-Igual 3.0.

En este caso se incluye la posibilidad de utilizar protectores escamoteables, que de forma similar al funcionamiento de airbag, solo aparezcan en caso de colisión. Este tipo de elemento parece a priori una forma de dotar de novedad y actividad inventiva a la propuesta de manera que, además de servir para mejorar la función del invento, permite su patentabilidad. Como se puede desprender de la información contenida en la tabla anterior, la inspiración para esta solución proviene de la asociación mental subjetiva del autor, que relaciona la protección mandibular activa, con un personaje de ficción.

La reivindicación de partida de esta segunda propuesta, previa al examen de patentabilidad, es la siguiente:

1. Casco protector de tipo abierto o Jet que comprende:

- una carcasa exterior que cubre el cráneo del usuario;
- un visor abatible que protege los ojos, la cara y la mandíbula total o parcialmente;
- una barra de refuerzo que remata el visor;
- un sistema de protección y retención desplegable alojado en la parte interior o en la exterior de la carcasa exterior que a su vez comprende dos protectores rígidos que se despliegan tras un impacto y retienen y protegen la cabeza del usuario;

- unos medios de impulsión de los protectores;
- un sistema de protección y retención inflable alojado en la parte interior o en la exterior de la carcasa exterior con al menos dos bolsas inflables que se inflan tras un impacto y retienen y protegen la cabeza del usuario;
- un contenedor con unos compuestos químicos que producen gas a partir de su combinación en una reacción química, iniciada mediante un iniciador eléctrico;
- un iniciador eléctrico que aumenta de temperatura a partir de las señales de una unidad de control;
- un sensor de impacto electrónico;
- una unidad de control electrónica que activa el iniciador eléctrico o los medios de impulsión de los protectores a partir de la información obtenida del sensor de impacto electrónico.
- unos cables.

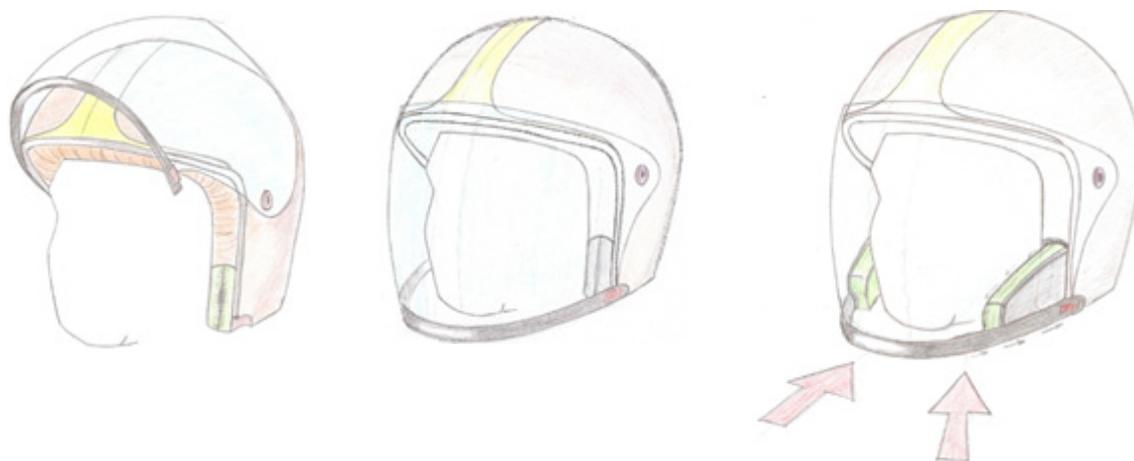


Ilustración 18 Boceto de la invención con protectores

5.5 EXAMEN DE PATENTABILIDAD

5.5.1 REDUCCIÓN

Tabla 8 Análisis de reducción de conceptos inventivos intermedios

ELEMENTO	Nº elemento	STEP 1		STEP 2		STEP 3 ¿requerido para satisfacer cualquiera de los dos, funcionalidad o novedad?	
		¿necesario para la función de la reivindicación?		¿significativo para la novedad de la reivindicación?		Sí	No
Carcasa	1	x			x	x	
Visor	2	x			x	x	
Barra guía	4		x		x		x
Protector	3	x		x		x	
Medios de impulsión	4	x			x		
Bolsas inflables	5		x		x		x
Contenedor	6		x		x		x
Iniciador eléctrico	7	x			x	x	
Sensor de impacto electrónico	8	x			x	x	
Unidad de control electrónico	9	x			x	x	
Cables	10		x		x		x

Ni los cables ni la barra guía parecen características que deban permanecer en la reivindicación principal según se desprende del análisis de los elementos.

En esta nueva invención la defensa y protección de la mandíbula del usuario la asumen los protectores, los cuales incluso podrían diseñarse para que además amortiguaran el impacto. De esta forma, las bolsas inflables pierden protagonismo en la resolución del problema adquiriendo un rol secundario. Además, en el análisis precedente ya se ha comprobado que tampoco son significativas para la novedad o la actividad inventiva.

Indiscutiblemente, los protectores sí deben mantenerse, pues son los componentes que dotan de novedad y actividad inventiva a la invención, además de tener una función importante para el desempeño del producto.

Algunas de las características técnicas anteriores, tanto si permanecen en la reivindicación independiente o en realizaciones preferidas, todavía se puedan generalizar y combinar entre sí. Por lo tanto se hace necesario proseguir con los siguientes pasos para determinar los elementos que formarán parte de la definición básica de la invención.

Por ejemplo, hay otras alternativas para amortiguar impactos, como por ejemplo almohadillas e incluso espumas proyectadas sobre los protectores. De esta forma, el elemento "bolsas inflables" no deja de ser en realidad una realización preferida a los efectos de esta propuesta. Sin embargo, aunque no permanezca en la reivindicación

principal, también debería generalizarse y ramificarse. Así, en el caso de espumas proyectadas, se necesitarán igualmente dispositivos y medios para proyectarlas, que pueden ser los mismos que los usados para impulsar los protectores, o también pueden ser otros.

5.5.2 GENERALIZACIÓN

Tabla 9 Análisis de generalización de conceptos inventivos intermedios

ELEMENTO	Nº	STEP 4		
		¿Se puede generalizar la terminología de los componentes?		
		Sí	No	Nueva terminología
Carcasa	1		x	
Visor	2		x	
Barra guía	4		x	
Protector	3		x	
Medios de impulsión	4		x	
Bolsas inflables	5	x		Medios de amortiguamiento
Contenedor	6	x		Medios de amortiguamiento
Iniciador eléctrico	7	x		Detonador
Sensor de impacto electrónico	8	x		Sensor
Unidad de control electrónico	9	x		Disparador
Cables	10	x		Medios de transmisión

A la vista de la terminología precedente, es fácilmente deducible que existen conceptos que se pueden generalizar. Analizando el funcionamiento de la invención se desprende que la utilización de medios eléctricos o electrónicos es en realidad una preferencia, y que existen otras alternativas que podrían igualmente realizar cierta función. Por otra parte, si se consigue independizar la invención de baterías o de operaciones de recarga y mantenimiento eléctrico, aumentarán sustancialmente sus ventajas y el nivel de atracción por parte de posibles compradores.

Por otra parte se puede definir como detonador a los elementos que inician la acción de inflado de las bolsas, aunque también podrían iniciar la impulsión de los protectores. El alcance de la definición de este nuevo elemento puede incluir dispositivos eléctricos, pero también mecanismos químicos, como por ejemplo un fulminante explosivo.

En el caso del sensor de impacto, éste puede ser mecánico, pero también una combinación electromecánica, y no conviene restringir innecesariamente la invención a elementos exclusivamente eléctricos.

La unidad de control electrónico pasa a denominarse disparador, o más ampliamente sistema de disparo, que puede incluir un disparador y los elementos asociados para su funcionamiento. El disparador así definido puede igualmente ser eléctrico, mecánico, químico, o una combinación de los anteriores.

Las bolsas inflables pasan a un segundo plano, ya que la función de amortiguamiento podría asumirse mediante el diseño de unos protectores semirrígidos u otras alternativas como las mencionadas espumas proyectadas o almohadillas.

Los cables se transforman en unos medios de transmisión genéricos de la variable de impacto, que pueden ser electrónicos, neumáticos, hidráulicos, y/o mecánicos.

En cualquier caso, las soluciones específicas que se van desarrollando hay que considerarlas como realizaciones preferidas de la invención, que se reivindican de forma dependiente, en varios niveles.

5.5.3 COMBINACIÓN

Tabla 10 Análisis de combinación de conceptos inventivos intermedios

ELEMENTO	Nº	STEP 5		
		¿Se pueden combinar componentes?		
		Sí	No	Combinación
Carcasa	1		x	
Visor	2		x	
Barra guía			x	
Protector	3		x	
Medios de impulsión	4		x	
Medios de amortiguamiento	5		x	
Contenedor	6	x		Medios de inflado/impulsión
Detonador	7	x		Medios de inflado/impulsión
Sensor	8	x		Sistema de conexión
Disparador	9	x		Sistema de conexión
Medios de transmisión	10			

El contenedor y el detonador pueden englobarse en una combinación más genérica, como medios de inflado, o incluirse como una realización preferida de unos medios de impulsión (de las bolsas o los protectores).

El sensor y el disparador pueden a su vez formar parte de un sistema de conexión, que conecta el visor con unos medios de transmisión de la variable de impacto al sistema de protección y retención.

Mediante el examen de patentabilidad de la propuesta inventiva intermedia que se desarrolla en esta segunda iteración, se obtiene a través de la reducción, generalización y combinación, una nueva propuesta inventiva con el siguiente enunciado:

1. Casco protector de tipo abierto o Jet que comprende:

- una carcasa exterior que cubre el cráneo del usuario;
- un visor abatible que protege los ojos, la cara y la mandíbula total o parcialmente;
- un sistema de protección y retención desplegable alojado en la parte interior o en la exterior de la carcasa exterior que a su vez comprende dos protectores rígidos o semirígidos que se despliegan tras un impacto y retienen y protegen la cabeza del usuario;
- unos medios de impulsión;
- unos medios de transmisión de la variable de impacto del visor al sistema de protección y retención;
- un sistema de conexión del visor abatible con los medios de transmisión.

Esta invención resultante debe superar un nuevo examen de patentabilidad. El fruto de esta nueva iteración así como el de las posteriores, es una nueva propuesta inventiva cada vez más refinada, y estructurada en un mapa con una o varias reivindicaciones principales, que se ramifican en una serie de reivindicaciones dependientes con las múltiples opciones de diseño de la invención.

5.6 PROPUESTA INVENTIVA DEFINITIVA

A modo de resumen de todo el proceso iterativo, el siguiente cuadro muestra el último análisis de reducción que refleja los componentes de la propuesta final en el que solamente los primeros cinco elementos permanecen como características técnicas de la única reivindicación independiente, bien porque son necesarios para la

patentabilidad o bien porque son imprescindibles para definir el alcance de la invención y su funcionalidad. El resto de elementos son realizaciones específicas.

Tabla 11 Análisis de reducción de la propuesta inventiva definitiva

ELEMENTO	Nº	STEP 1		STEP 2		STEP 3	
		¿necesario para la función de la reivindicación?		¿significativo para la novedad de la reivindicación?		¿requerido para satisfacer cualquiera de los dos, funcionalidad o novedad?	
		Sí	No	Sí	No	Sí	No
carcasa	1	x			x	x	
visor	2	x			x	x	
protector	3	x		x		x	
medios de transmisión	-	x		x		x	
sistema de conexión	-	x			x	x	
guía	4		x		x		x
medios de amortiguamiento	5		x		x		x
medios de inyección	6		x		x		x
medios de inflado	7		x		x		x
barras articuladas o bielass o palancas	8		x		x		x
pequeña guía	9		x		x		x
rueda dentada doble	10		x		x		x
cremallera	11		x		x		x
cremallera	12		x		x		x
sistema de disparo	13		x		x		x
sistema de conexión	14		x		x		x
articulación fija	15		x		x		x
articulaciones desplazables	16		x		x		x
resorte	17		x		x		x

5.6.1 REIVINDICACIÓN PRINCIPAL DE LA INVENCION

La propuesta inventiva definitiva se define por lo tanto a través de una serie de características técnicas reunidas en una reivindicación principal tal y como se muestra a continuación.

1. Casco protector de tipo abierto o Jet que comprende:

- una carcasa (1) exterior que cubre el cráneo del usuario;
- un visor (2) abatible que protege los ojos, la cara y la mandíbula total o parcialmente;
- un sistema de protección y retención desplegable alojado en la parte interior o en la exterior de la carcasa (1) exterior que a su vez comprende al menos dos protectores (3) rígidos o semirígidos que se despliegan tras un impacto y retienen y protegen la cabeza del usuario;
- unos medios de transmisión de la variable de impacto del visor (2) al sistema de protección y retención;
- un sistema de conexión (14) del visor (2) abatible con los medios de transmisión.

A efectos de esta invención y su descripción, el término variable de impacto es igualmente genérico y debe entenderse como cualquier magnitud física producida por un evento de impacto y que lo discrimine frente a otros relacionados con el uso normal del casco. Una variable de impacto puede ser, por ejemplo, una presión, un movimiento o desplazamiento, una aceleración, una velocidad o una fuerza, entre otras.

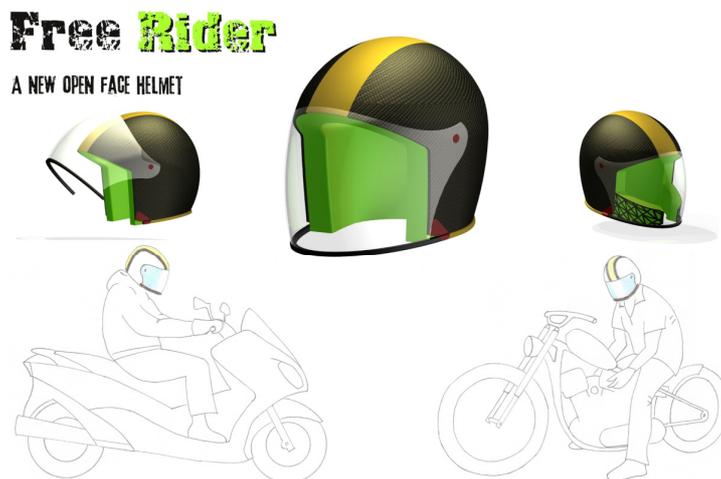


Ilustración 19 Boceto de la propuesta inventiva definitiva

5.6.2 REALIZACIONES PREFERIDAS DE LA INVENCION

Las realizaciones preferidas son una serie de invenciones que dependen de la definida en la reivindicación principal y que se encuentran dentro de su alcance.

Generalmente permiten al inventor mostrar las formas alternativas en las que la realización principal de la invención, tal como se describe en la reivindicación independiente, admite múltiples materializaciones.

Como se ha comentado, todas estas preferencias se recogen en reivindicaciones dependientes y se relacionan entre sí en uno o varios niveles, formando cadenas de dependencias directas, ramificadas, de tipo alternativo o de tipo acumulativo. Los niveles de estratificación y las cadenas de dependencias de esta invención se describen en el Anexo I donde se muestran las 52 reivindicaciones que conforman la definición de la invención propuesta. El juego de reivindicaciones anterior y sus relaciones, son el resultado del proceso de generación de nuevos conceptos inventivos utilizando la metodología propuesta, y se resumen en el correspondiente mapa de reivindicaciones.

En el caso particular de esta invención, los niveles de estratificación son cinco. De mayor a menor amplitud se denominan:

- Reivindicaciones independientes
- Realizaciones específicas (de la anterior)
- Realizaciones más específicas (de la anterior)
- Realizaciones aún más específicas (de la anterior)
- Realizaciones aún todavía más específicas (de la anterior)

El resultado del proceso iterativo de generación de nuevos conceptos inventivos es tanto la reivindicación independiente formulada, como las realizaciones preferidas que se describen a continuación. Estas preferencias se construyen igualmente mediante una enumeración de características técnicas, que especifican aun más el alcance de la reivindicación principal.

En una realización preferida, el casco además comprende un relleno protector y/o un relleno de confort en el interior de la carcasa. Preferiblemente también puede comprender otros elementos habituales en cascos como, por ejemplo, una o varias

entradas de aire que proveen aire al interior del casco, una o varias salidas de aire que evacúan aire del interior del casco, o elementos deflectores de aire.

En otra realización preferida el visor es de policarbonato.

En otra realización preferida el visor es de polimetilmetacrilato, también conocido como PMMA.

En otra realización preferida, el visor está formado por una multicapa de materiales.

En una realización específica el visor es de espesor variable.

En otra realización específica el visor además comprende una guía en la parte inferior que conduce al protector durante su despliegue. En una realización más específica, la guía es del mismo material que el visor y solidaria a él, incluyendo la opción de formar una sola pieza o ser un monobloque. Específicamente, la guía, además de conducir al protector, puede asumir funciones resistentes en un impacto. Por un lado puede ser el elemento que, formando parte del visor, absorba parte de la energía de impacto y transmita la variable de impacto a los medios de conexión y, por otro lado, puede aportar más resistencia y rigidez al conjunto, sobre todo cuando los protectores se despliegan sobre ella.

En otra realización específica el protector del sistema de protección es de plástico, fibra, metal o aleaciones de metales, o una combinación de ellos. En una realización más específica el sistema de protección tiene dos protectores alojados en los laterales de la carcasa que se despliegan hacia delante tras un impacto. En una realización aún más específica los protectores se despliegan hasta que sus extremos libres entran en contacto. Los protectores no sólo retienen la cabeza del usuario e impiden que se produzca un desalojo de la misma en un impacto, sino que también protegen de laceraciones, golpes o heridas las zonas que cubren.

En una realización preferida, el sistema de protección además comprende unos medios de amortiguamiento entre el protector y la cabeza del usuario. Los medios de amortiguamiento reducen las consecuencias del impacto y la desaceleración súbita que sufre la cabeza del usuario en un accidente.

En una realización más preferida, los medios de amortiguamiento son una espuma sobre el protector. En otra realización más preferida el sistema de protección además comprende unos medios de inyección. En una realización aún más preferida la espuma se proyecta a través de unos medios de inyección sobre el protector a medida que el protector se despliega durante el impacto.

En otra realización más preferida, los medios de amortiguamiento son una bolsa inflada sobre el protector. En otra realización más preferida el sistema de protección además comprende unos medios de inflado de la bolsa. En una realización aún más preferida la bolsa se infla a través de unos medios de inflado sobre el protector a medida que el protector se despliega durante el impacto.

En otra realización aún más preferida el casco además comprende al menos un sensor de presión y/o un acelerómetro y/o un inclinómetro y/o un sensor inercial que envía/n una señal analógica o digital que determina el accionamiento de los medios de inyección o los medios de inflado.

En otra realización aún más preferida el accionamiento de los medios de transmisión tras un impacto, desencadena el accionamiento de los medios de inyección o los medios de inflado.

En otra realización preferida los medios de transmisión comprenden un conjunto de engranajes o un conjunto de émbolo y pistón o un conjunto de cremallera o un conjunto de poleas con correa o un sistema de resortes o un elástico o un conjunto de barras o bielas o una combinación de cualquiera de ellos.

En una realización más preferida los medios de transmisión comprenden un conjunto de al menos tres barras articuladas o bielas o palancas con al menos una articulación conducida por una pequeña guía, tal que la relación entre la velocidad de salida del extremo de la barra conectada al protector y la velocidad de entrada del extremo de la barra conectada al visor es mayor o igual que uno. Al igual que los medios de amortiguamiento que se inflan o se inyectan, los protectores deben desplegarse a la velocidad adecuada para poder retener y proteger la cabeza del usuario en un impacto.

A efectos de esta invención y su descripción, la conexión entre elementos debe entenderse como cualquier conexión directa o indirecta o a través de otros subsistemas, como pueden ser conexiones mecánicas, eléctricas, hidráulicas o neumáticas, entre las que se encuentran las articulaciones.

En una realización aún más preferida, las barras están unidas por dos articulaciones, y al menos dos de ellas son colineales. Además, las tres forman un triángulo al moverse tras el impacto. En una realización todavía más preferida todas las articulaciones que unen las barras están conducidas por pequeñas guías.

En otra realización más preferida los medios de transmisión comprenden al menos un engranaje o rueda dentada doble conducida por una cremallera conectada al visor y conductora de otra cremallera conectada al protector tal que la relación entre la velocidad de salida de la cremallera conectada al protector y la velocidad de entrada de la cremallera conectada al visor es mayor o igual que uno.

En una realización aún más preferida, los medios de transmisión comprenden varias ruedas dentadas dobles formando un tren de engranajes. En otra realización aún más preferida, las cremalleras son curvadas.

En una realización específica, el casco protector además comprende un sistema de disparo comprendido en el sistema de conexión, activado por la variable de impacto del visor durante un impacto y que acciona los medios de transmisión. El sistema de conexión además comprende el sistema de disparo que acciona los medios de transmisión. El sistema de disparo puede integrarse como un subsistema de los medios de conexión y formar parte de ellos, o no emplearse en la realización del casco. Así, los medios de transmisión, que se relacionan con los medios de conexión, pueden accionarse directamente por los efectos del visor sobre el sistema de conexión o a través de un subsistema de disparo.

En una realización más específica, el sistema de disparo comprende un gatillo activado por la presión del visor durante un impacto y que acciona los medios de transmisión.

En otra realización más específica, el sistema de disparo es un sensor de presión y/o un acelerómetro y/o un inclinómetro y/o un sensor inercial o una combinación de ellos, que envía/n una señal analógica o digital que acciona los medios de transmisión.

En otra realización más específica el accionamiento del sistema de disparo desencadena el accionamiento de los medios de inyección de la espuma.

En otra realización más específica el accionamiento del sistema de disparo desencadena el accionamiento de los medios de inflado de la bolsa.

En otra realización más específica los medios de transmisión comprenden al menos un resorte o un elástico que al liberarse por el sistema de disparo impulsa y despliega los protectores.

En otra realización más específica, el casco comprende unos medios de disparo y unos medios de transmisión que comprenden un conjunto de al menos tres barras articuladas o bielas o palancas con al menos una articulación conducida por una

pequeña guía, y un conjunto de émbolo y pistón o un resorte o una combinación de ambos. Otra realización más específica es que, en los medios de transmisión anteriores, se utilice un elástico en vez de un resorte. En una realización aún más específica, el conjunto émbolo y pistón es hidráulico. En otra realización aún más específica, el conjunto émbolo y pistón es neumático. Otra realización más específica es que el elástico es un elastómero.

En una realización preferida, el sistema de conexión del visor abatible con los medios de transmisión, comprende un vástago que forma parte del visor que se aloja en un hueco incluido en los medios de transmisión.

En otra realización preferida, el sistema de conexión del visor abatible con los medios de transmisión comprende un pestillo a cada lado del casco que fija el visor a los medios de transmisión.

En otra realización preferida, el sistema de conexión del visor abatible con los medios de transmisión comprende un gancho a cada lado del casco que fija el visor a los medios de transmisión.

En otra realización preferida, el sistema de conexión del visor abatible con los medios de transmisión comprende al menos una articulación fija y una articulación desplazable en cada extremo del visor, que permiten el giro del visor respecto a las articulaciones fijas en un impacto.

En una realización más preferida el sistema de conexión del visor abatible con los medios de transmisión comprende una articulación fija en cada parte media de los extremos del visor y dos articulaciones desplazables en cada parte superior e inferior de los extremos del visor, que permiten el giro del visor respecto a las articulaciones fijas.

En otra realización más preferida el sistema de conexión que fija el visor a los medios de transmisión se activa mediante un interruptor o un botón accionado con una sola mano del usuario.

5.6.3 EJEMPLOS DE REALIZACIONES PREFERIDAS

Para una mejor comprensión de la invención y de las realizaciones preferidas anteriormente indicadas, se exponen los siguientes ejemplos de realización preferente, descritos en detalle, que deben entenderse como meras variantes que representan el alcance de la invención mediante la materialización del casco protector de varias

formas diferentes. Para la definición de estos ejemplos, se utilizan figuras que contienen una serie de directrices y números que se corresponden a los elementos de referencia que se describen en cada ejemplo.

5.6.3.1 Ejemplo 1

La Ilustración 20 muestra una vista general del casco protector en varias configuraciones. En la figura izquierda, se puede ver el casco protector con el visor (2) abatible levantado y los protectores (3) plegados en el interior de la carcasa (1). También se pueden ver unos medios de conexión (14) que consisten en un vástago que forma parte del visor (2) que se aloja en un hueco incluido en los medios de transmisión. En la figura central, se puede ver el casco protector con el visor (2) cerrado y en la forma normal de uso. El sistema de conexión (14) también comprende una articulación fija (15) y dos desplazables (16) a cada lado del casco. En la figura de la derecha, se puede ver el casco protector tras una colisión y con los protectores (3) desplegados reteniendo y protegiendo la cabeza del usuario. El visor (2) cuenta con una guía (4) que conduce a los protectores (3) en su despliegue y aporta rigidez al conjunto. El visor (2) además pivota sobre la articulación fija (15). La flecha con la cola partida indica el movimiento del visor (2) tras el impacto.

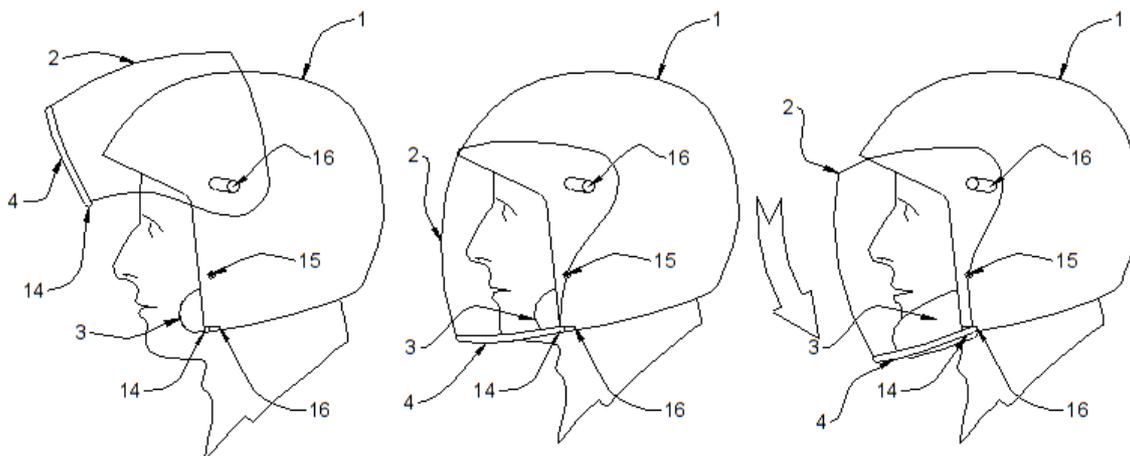


Ilustración 20 Realización preferida. Ejemplo 1

5.6.3.2 Ejemplo 2

La Ilustración 21 muestra otra vista general del casco protector en varias configuraciones. En este caso el visor (2) cubre el maxilar parcialmente. En la figura izquierda se puede ver el casco protector con el visor (2) cerrado y en la forma normal

de uso. El sistema de conexión (14) también comprende una articulación fija (15) y una desplazable (16) a cada lado del casco. En la figura derecha se puede ver el casco protector tras una colisión y con los protectores (3) desplegados reteniendo y protegiendo la cabeza del usuario. El visor (2) cuenta con una guía (4) que conduce a los protectores (3) en su despliegue y aporta rigidez al conjunto. El visor (2) además pivota sobre la articulación fija (15). La flecha con la cola partida indica el movimiento del visor (2) tras el impacto.

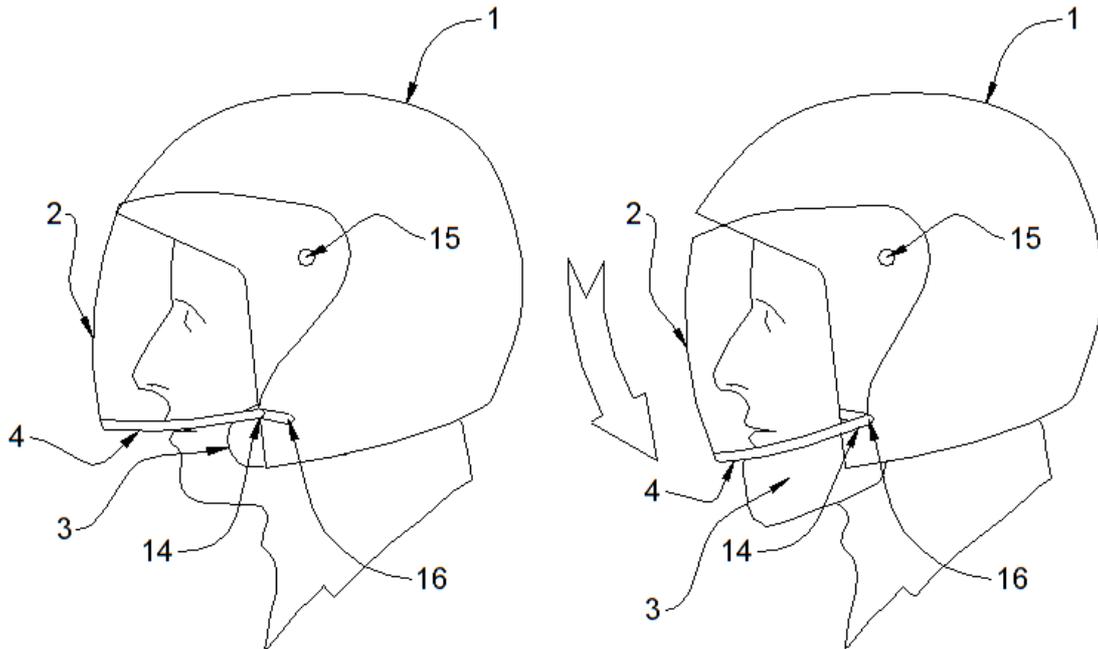


Ilustración 21 Realización preferida. Ejemplo 2

5.6.3.3 Ejemplo 3

La Ilustración 22 muestra otra vista general del casco protector en la que el protector (3) además comprende unos medios de amortiguamiento (5), que más específicamente son una espuma sobre el protector (3). En la figura izquierda, se muestra un protector (3) plegado sobre la carcasa (1) que tiene unas ranuras que permiten alojar y repartir la espuma que se proyecta sobre él en caso de impacto. Además se pueden ver unos medios de inyección (6) de la espuma. En la figura derecha, se puede ver el casco protector tras una colisión y con los protectores (3) desplegados reteniendo y protegiendo la cabeza del usuario. Sobre los protectores (3) se muestra la espuma ya inyectada a través de los medios de inyección (6) y que se ha ido proyectando a medida que el protector (3) se despliega en el impacto.

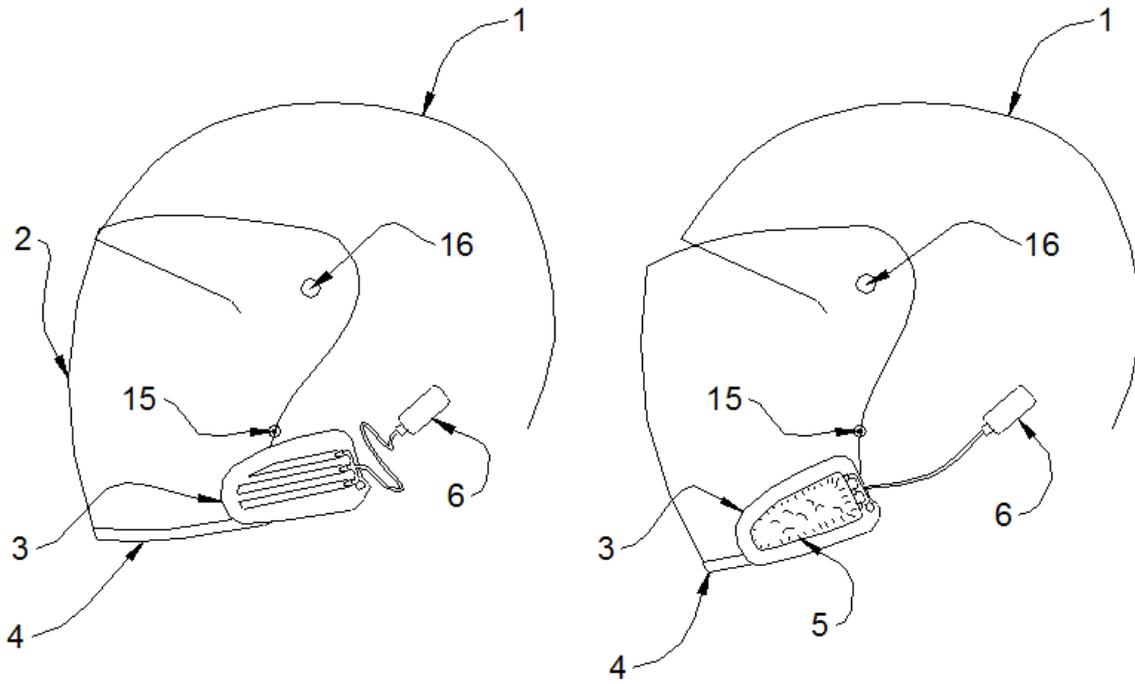


Ilustración 22 Realización preferida. Ejemplo 3

5.6.3.4 Ejemplo 4

En la Ilustración 23 se muestra otra vista general del casco protector en la que el protector (3) además comprende unos medios de amortiguamiento (5), que más específicamente son una bolsa inflable sobre el protector (3). En la figura izquierda, se muestra un protector (3) plegado sobre la carcasa (1). Además se pueden ver unos medios de inflado (7) de la bolsa inflable. En la figura derecha, se puede ver el casco protector tras una colisión y con los protectores (3) desplegados reteniendo y protegiendo la cabeza del usuario. Sobre los protectores (3) se muestra la bolsa ya inflada a través de los medios de inflado (7) y que se ha ido inflando a medida que el protector (3) se despliega en el impacto.

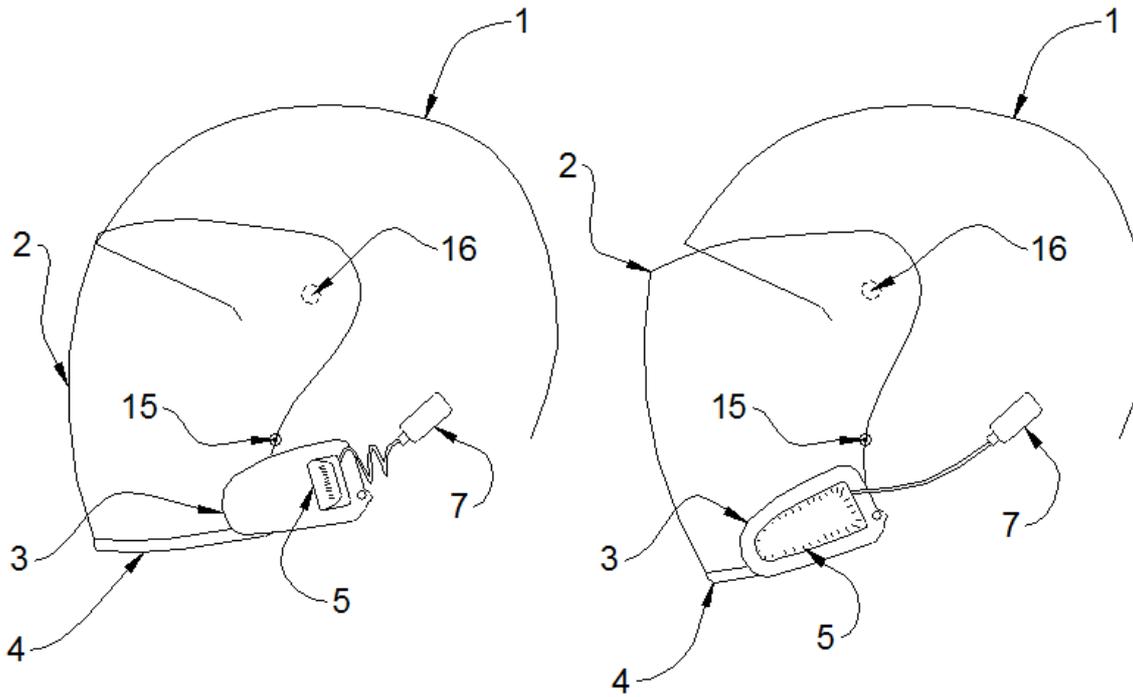


Ilustración 23 Realización preferida. Ejemplo 4

5.6.3.5 Ejemplo 5

La Ilustración 24 muestra otra vista parcial del casco protector en la que se muestra el funcionamiento de unos medios de transmisión. En la figura izquierda, se puede ver el visor (2) cerrado y en la forma normal de uso, con los protectores (3) plegados dentro de la carcasa (1). El sistema de conexión (14) también comprende una articulación fija (15) y dos desplazables (16) a cada lado del casco. Los medios de transmisión comprenden tres barras o bielas (8) articuladas y dos pequeñas guías (9) que conducen las articulaciones entre barras (8). En este caso, hay dos barras (8) verticales que son colineales, y la pequeña guía (9) superior que está oculta por ellas. En la figura derecha, se puede ver el casco protector tras una colisión y con los protectores (3) desplegados reteniendo y protegiendo la cabeza del usuario. El visor (2) cuenta con una guía (4) que conduce a los protectores (3) en su despliegue y aporta rigidez al conjunto. El visor (2) además pivota sobre la articulación fija (15). Uno de los extremos de la barra (8) más horizontal ha sido empujado por el giro del visor (2) y el otro extremo ha sido conducido por una pequeña guía (9). Esto produce el desplazamiento de las otras dos barras (8), que también tienen uno de sus extremos conducidos por otra pequeña guía (9), lo que hace que el protector (3) se despliegue.

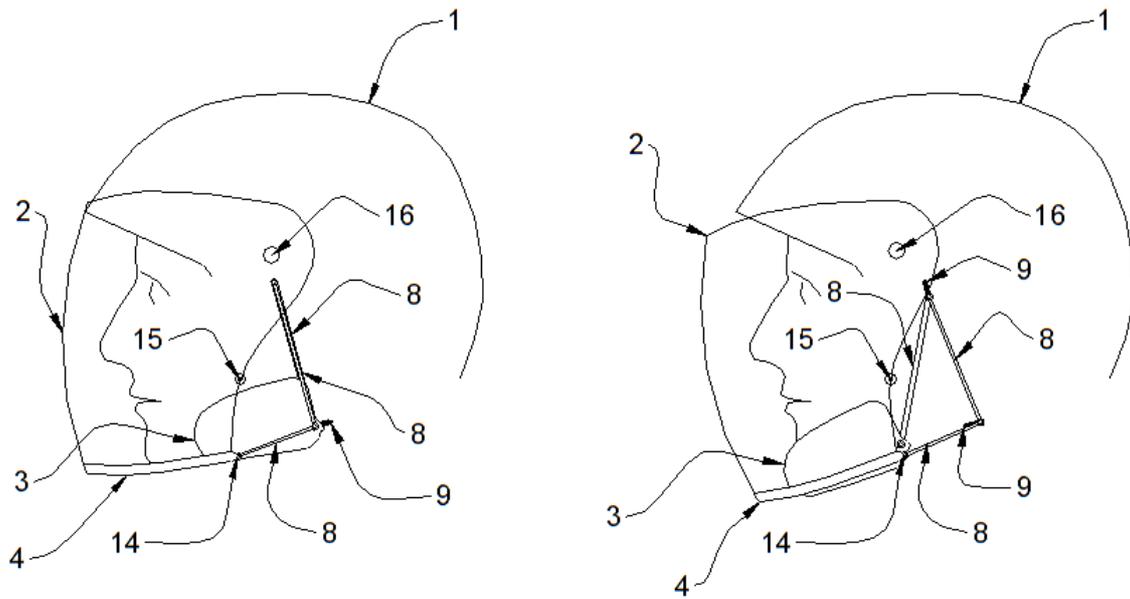


Ilustración 24 Realización preferida. Ejemplo 5

5.6.3.6 Ejemplo 6

La Ilustración 25 muestra una vista cercana de los medios de transmisión del ejemplo anterior y que comprenden tres barras o bielas (8) articuladas y dos pequeñas guías (9) que conducen las articulaciones entre barras (8). En línea continua se muestra el sistema de transmisión y el protector (3) antes del impacto. En línea discontinua se muestra el sistema de transmisión y el protector (3) después del impacto. Las flechas con la cola partida indican el movimiento de los extremos de las barras (8) durante el impacto.

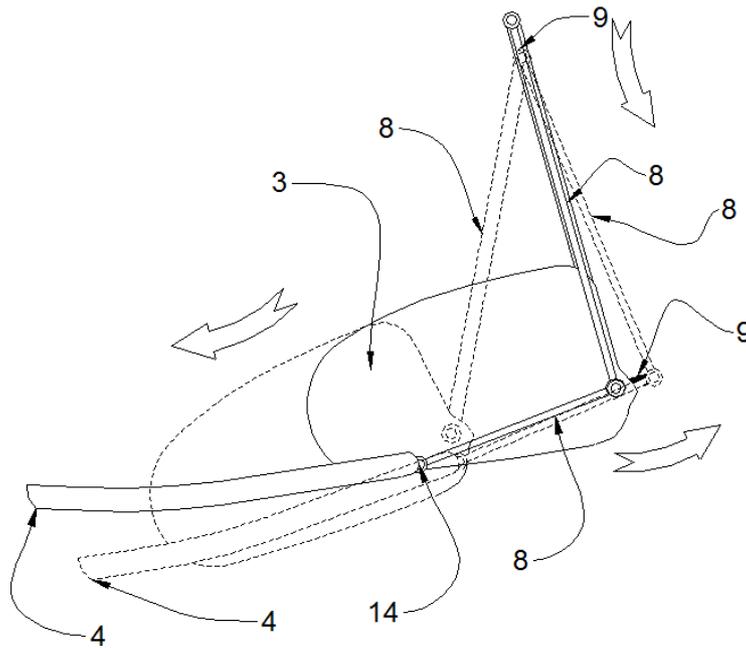


Ilustración 25 Realización preferida. Ejemplo 6

5.6.3.7 Ejemplo 7

La Ilustración 26 muestra otra vista parcial del casco protector en la que se muestra el funcionamiento de otros medios de transmisión. En la figura izquierda, se puede ver el visor (2) cerrado y en la forma normal de uso, con los protectores (3) plegados dentro de la carcasa (1). El sistema de conexión (14) también comprende una articulación fija (15) y dos desplazables (16) a cada lado del casco. Los medios de transmisión comprenden un engranaje doble (10) y dos cremalleras (11) y (12). En la figura derecha, se puede ver el casco protector tras una colisión y con los protectores (3) desplegados reteniendo y protegiendo la cabeza del usuario. El visor (2) cuenta con una guía (4) que conduce a los protectores (3) en su despliegue y aporta rigidez al conjunto. El visor (2) además pivota sobre la articulación fija (15). La rueda dentada doble (10) es conducida por una cremallera (11) conectada al visor (2) que la mueve a causa de su desplazamiento tras el impacto y es conductora de otra cremallera (12) conectada al protector (3) de tal forma que lo despliega. Las flechas con la cola partida indican el movimiento del visor (2) y de las cremalleras (11) y (12) durante el impacto.

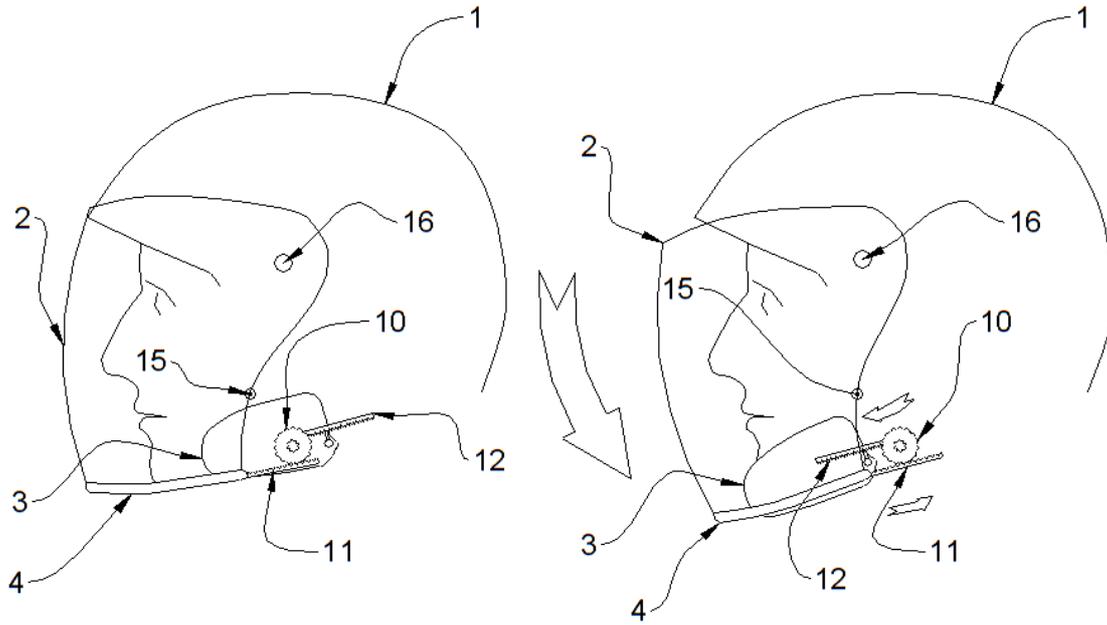


Ilustración 26 Realización preferida. Ejemplo 8

5.6.3.8 Ejemplo 8

La Ilustración 27 muestra otra vista parcial del casco protector en la que se muestra el funcionamiento de otros medios de transmisión. En la figura izquierda, se puede ver el visor (2) cerrado y en la forma normal de uso, con los protectores (3) plegados dentro de la carcasa (1). El sistema de conexión (14) también comprende una articulación fija (15) y dos desplazables (16) a cada lado del casco y también comprende un sistema de disparo (13) formado por un gatillo que se activa con la presión de visor (2) tras el impacto. Los medios de transmisión comprenden un resorte (17) conectado al protector (3) y que en este caso se muestra comprimido y retenido por el gatillo. En la figura derecha, se puede ver el casco protector tras una colisión y con los protectores (3) desplegados reteniendo y protegiendo la cabeza del usuario. El visor (2) cuenta con una guía (4) que conduce a los protectores (3) en su despliegue y aporta rigidez al conjunto. El visor (2) además pivota sobre la articulación fija (15). El gatillo se activa con la presión del visor (2) provocada por el impacto y libera el resorte (17) que impulsa y despliega el protector (3). Las flechas con la cola partida indican el movimiento del visor (2) y del sistema de disparo (13) durante el impacto.

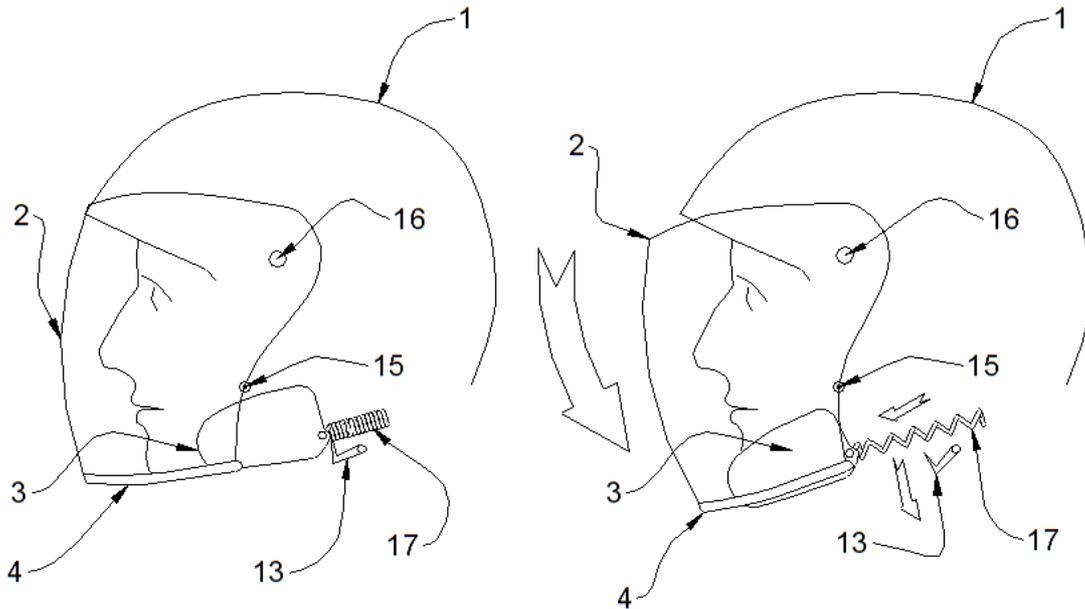


Ilustración 27 Realización preferida. Ejemplo 8

5.6.4 EJEMPLOS DE FUNCIONAMIENTO DE ALGUNAS REALIZACIONES PREFERIDAS

De entre todas las realizaciones y ejemplos anteriores se pueden escoger varios modos de funcionamiento de la invención en función de las realizaciones específicas de interés y sus posibles combinaciones.

Los modos de funcionamiento serán diferentes si se utilizan medios electrónicos o no para la detección del impacto y el despliegue de los protectores (y por lo tanto fuentes de alimentación eléctrica asociadas), el tipo de elemento de amortiguamiento (bolsas inflables, espumas proyectadas o fijas sobre el protector), los medios de transmisión de la variable de impacto, etc. Incluso la descripción general de la invención sugiere que los protectores puedan situarse dentro o fuera de la carcasa del casco.

En este apartado se muestran dos modos de funcionamiento del casco protector inventado, en los cuales no son necesarias fuentes de alimentación externas. En un caso se utiliza una espuma fija sobre los protectores como medio de amortiguamiento. En el otro caso, se utilizan bolsas inflables, que requieren de unos medios de inflado adicionales y que además sirven para impulsar el despliegue de los protectores.

5.6.4.1 Modo de funcionamiento con elastómero + gatillo + espuma

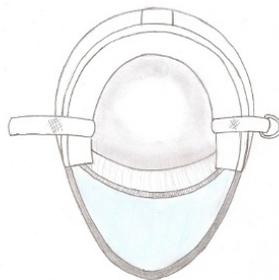
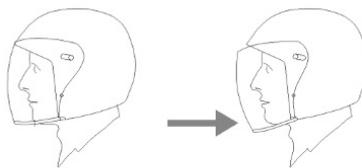
La sucesión de eventos de este modo de funcionamiento se muestra consecutivamente mediante los números 1, 2, 3, 4.

1 Un accidente genera una variable de impacto.

Esta variable puede ser un desplazamiento, una aceleración, una velocidad, una fuerza, etc. En estos ejemplos se toma un desplazamiento, d.



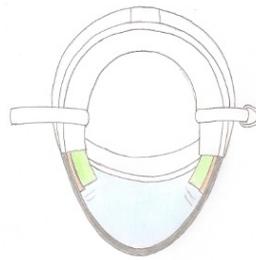
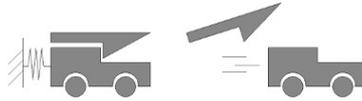
2 La energía de impacto se transmite al casco por el desplazamiento o deformación del visor y la barra de refuerzo dispuesta en su parte inferior.



3 Este movimiento activa el gatillo, disparador o sensor.

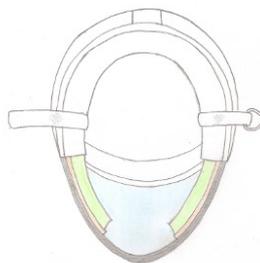
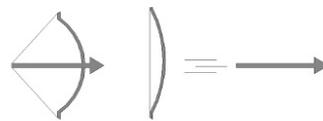


- 4** El sensor traslada la orden de disparo de los protectores, que se pueden mover libremente hacia delante.



Unos elastómeros pretensados liberan súbitamente su energía acumulada y se la trasladan a los protectores que se desplazan hacia adelante.

Los protectores pueden entrar en contacto en la parte frontal para proporcionar más protección aunque no es necesario mientras provean de defensa a la zona mandibular y retengan la cabeza. La espuma sobre los protectores amortigua el impacto sobre la cabeza.



5.6.4.2 Modo de funcionamiento con medios de inflado + gatillo + bolsas inflables

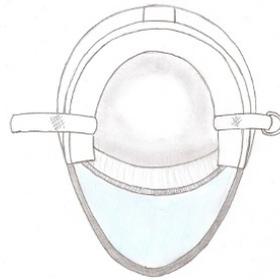
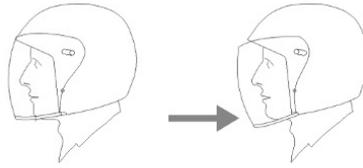
Los procesos iniciales de este modo son similares a los de caso anterior. Sin embargo, se incluyen unos medios de inflado que aportan un fluido para inflar unas bolsas inflables que hacen de medios de amortiguamiento, y además aportan la energía para el despliegue súbito de los protectores.

1 Un accidente genera una variable de impacto.

Esta variable puede ser un desplazamiento, una aceleración, una velocidad, una fuerza, etc. Igualmente al caso anterior, en este ejemplo se toma un desplazamiento, d .



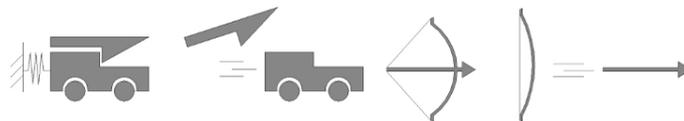
2 La energía de impacto se transmite al casco por el desplazamiento o deformación del visor y la barra de refuerzo dispuesta en su parte inferior.



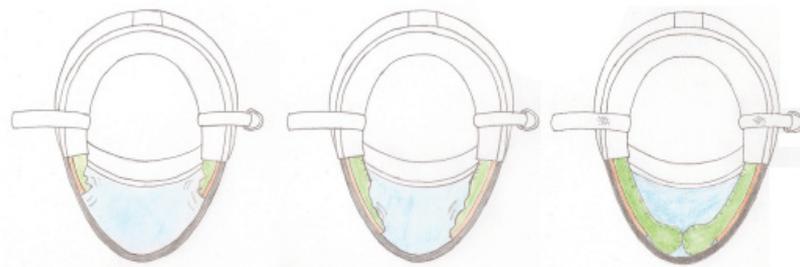
3 Este movimiento activa el gatillo, disparador o sensor.



4 El sensor traslada la orden de disparo de los protectores, que se pueden mover libremente hacia adelante



La orden de disparo se recibe por los medios de inflado que impulsan los protectores hacia adelante mediante la súbita liberación de un fluido a presión.



Simultáneamente, los medios de inflado también inflan las bolsas inflables que amortiguan el impacto sobre la cabeza del usuario.



Al igual que en el caso anterior, los protectores pueden entrar en contacto en la parte frontal para proporcionar más protección.

5.7 MAPA DE REIVINDICACIONES

El mapa de reivindicaciones sintetiza los niveles y las relaciones entre las reivindicaciones que definen al alcance de la invención.

Este mapa es tanto una herramienta como un resultado del proceso de creación. Como herramienta, permite ir planificando y visualizando las dependencias de las realizaciones preferidas a medida que se va construyendo la solución. Como resultado, resume toda la invención y es muy útil para comprender lo que se trata de reivindicar así como el alcance de la invención propuesta.

En la figura siguiente se muestra el mapa de reivindicaciones para el nuevo dispositivo de protección craneal con características de seguridad avanzadas. El juego de reivindicaciones al que hace referencia se puede ver en el Anexo I.

Las líneas continuas muestran dependencias directas, o del tipo múltiple acumulativa (y).

Las líneas discontinuas muestran dependencias de tipo múltiple alternativo (o).

Las puntas de flecha señalan la reivindicación de destino o dependiente.

Los diferentes colores y agrupaciones organizativos de las reivindicaciones, representan los distintos estratos de particularización de las realizaciones específicas.

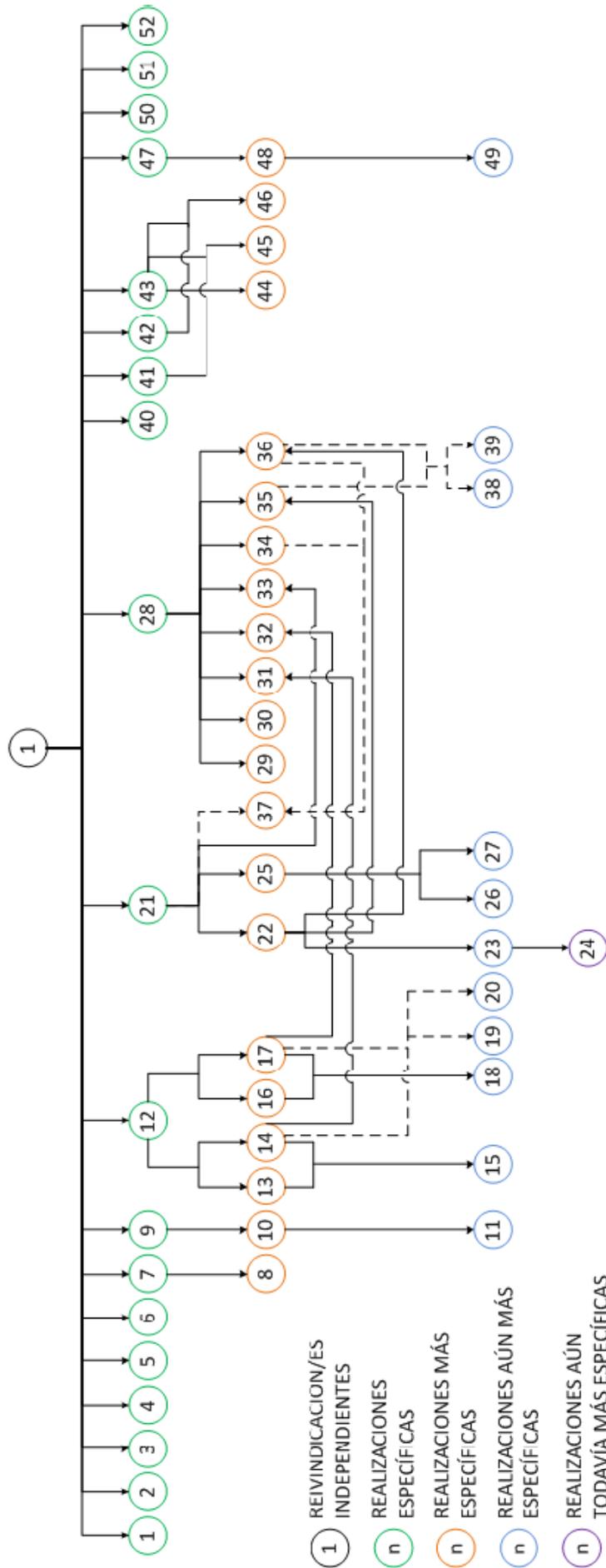


Ilustración 28 Mapa de reivindicaciones

5.8 PATENTE

A partir de la propuesta inventiva anterior se procedió a redactar y solicitar una patente de invención ante la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM), con número de solicitud P201001470. Más adelante, dentro del año de prioridad, se procedió a solicitar la extensión la protección internacionalmente mediante la vía PCT.

Durante el proceso de examen preliminar, la invención tal como fue propuesta no recibió ningún suspenso por falta de claridad, novedad o actividad inventiva.

A lo largo del proceso de concesión, las oficinas de patentes emiten un informe sobre el estado de la técnica relativo a la invención que se pretende proteger. En el caso de la oficina Española se denomina informe sobre el estado de la técnica (IET) y en el caso de la solicitud mediante la vía PCT se conoce como *international search report* (ISR).

El objetivo de los informes de búsqueda emitidos por la oficina receptora de la patente, es dar a conocer los elementos del estado de la técnica que hay que considerar para valorar la novedad y la actividad inventiva de la invención y concluir si, a la vista de ellos, cumple los requisitos de patentabilidad. Sin embargo, no valora la utilidad o las posibles mejoras técnicas que aporta la tecnología patentada, ya que es posible que una patente proteja soluciones que, aun cumpliendo los requisitos de patentabilidad, pueden resultar menos eficientes que las que ya existen en el estado de la técnica.

Por otra parte, el IET /ISR facilita la apreciación del auténtico valor de una invención tanto para el inventor como para terceros, ya que a partir de él se puede concluir si una invención es nueva y tiene actividad inventiva a nivel global.

En el caso concreto del protector craneal, los informes relacionados con la invención son positivos para todas las reivindicaciones tal como se presentaron, y la opinión escrita del IET certifica que ningún documento del estado de la técnica se puede considerar que anticipe la invención. Ambos informes, el correspondiente a la OEPM y el correspondiente a la WIPO, se muestran en el Anexo IV.

Los documentos de patente que se van publicando pueden ser de distintos tipos y formar lo que se conoce por "familias de patentes". En España algunos de los códigos identificativos de documentos publicados por la OEPM son:

A1: solicitud de patente con IET

A2: solicitud de patente sin IET

B1: patente concedida con IET

B2: patente concedida con examen previo

T3: traducción de patente europea concedida

U: modelo de utilidad

En el caso particular español, se puede dar la circunstancia de que un documento se publique con un código B1, aunque no implica que el informe sobre estado de la técnica (IET) sea favorable. En ese caso particular, este tipo de patentes se conocen como patentes "débiles", mientras que los documentos B2, que indican que las patentes han sido concedidas por el procedimiento con examen previo, se las conocen como patentes "fuertes". Se pueden considerar también fuertes las patentes que siendo un documento B1, tienen un IET favorable.

Los documentos publicados por parte de las oficinas correspondientes relacionados con esta invención son: ES 2357126 (A1), ES 2357126 (B2) y WO 2012062940 (A1) y se recogen en el Anexo III. Las patentes sobre la invención propuesta en este trabajo son en todos los casos del tipo "fuerte" y en el proceso Español cuentan con la concesión con examen previo (B2).

6 Desarrollo de una realización preferida. Propuesta de diseño.

6.1 INTRODUCCIÓN

Hasta este momento se ha presentado una nueva invención relacionada con un casco protector de tipo abierto o Jet, descrita a través de una propuesta general de diseño con una relación de componentes imprescindibles y sus características técnicas generales. Esta definición además se ha desarrollado mediante la descripción de varias realizaciones preferidas, en las que se especifican aun más algunas de las características técnicas o se incluyen nuevos mecanismos y dispositivos que amplían el alcance de la invención recogida en la reivindicación independiente. A pesar de que todas estas realizaciones son perfectamente adecuadas para la materialización del casco, se debe focalizar el esfuerzo de desarrollo en las que sean más prometedoras teniendo en consideración entre otras cosas, la tecnología disponible en el estado de la técnica y las capacidades del equipo de desarrollo. En cualquier caso, todas las realizaciones tienen en común la existencia de una carcasa, un visor y unos protectores desplegados. Las diferencias se encuentran fundamentalmente en las realizaciones de los medios de transmisión de la variable de impacto del visor al sistema de protección, y del sistema de conexión del visor abatible con los medios de transmisión. Por lo tanto, el diseño de los elementos comunes de la realización específica seleccionada para este trabajo, es acoplable a las etapas del futuro desarrollo de cualquier otra realización de la invención.

De entre todas las posibilidades que se circunscriben dentro del ámbito de la descripción básica de la invención, se ha seleccionado la siguiente realización preferida para el desarrollo de este trabajo como opción de materialización del dispositivo de protección de la cabeza. Para comprender mejor la descripción de la realización preferida, se muestra la siguiente figura (Ilustración 29), en la que se señalan mediante directrices y números los elementos de referencia.

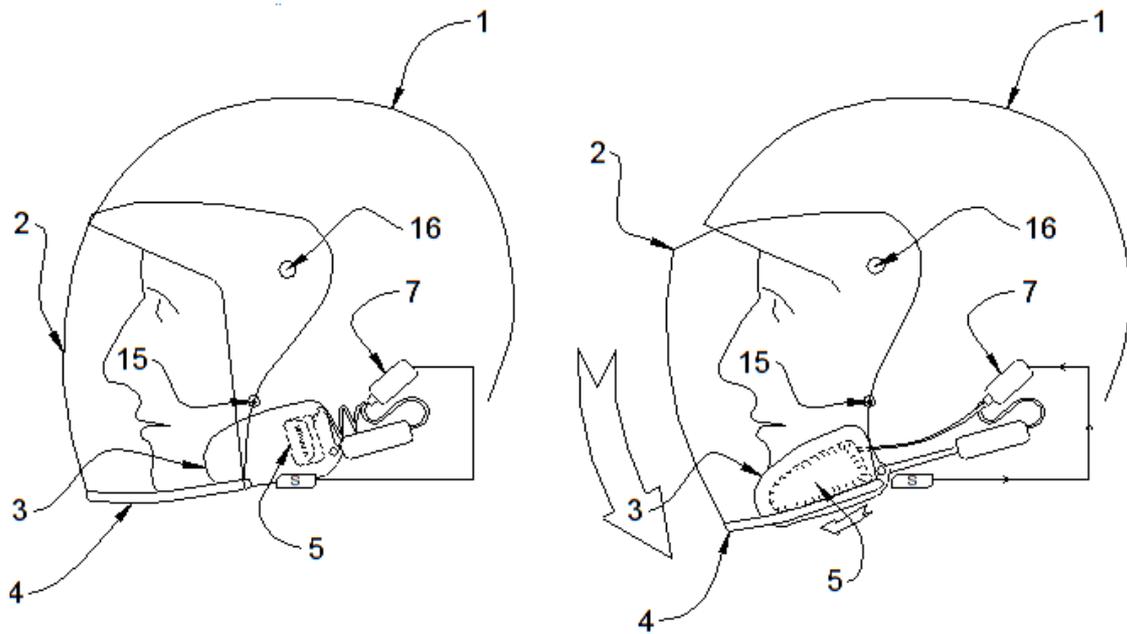


Ilustración 29 Realización preferida de la invención

La figura muestra una vista general del casco protector en la que el protector (3) además comprende unos medios de amortiguamiento (5), que más específicamente son una bolsa inflable sobre el protector (3). En la vista de la izquierda se muestra un protector (3) plegado sobre la carcasa (1). Además se pueden ver unos medios de inflado (7) de la bolsa inflable. Los medios de inflado (7) también suministran compresión a unos medios de transmisión secundarios que comprenden un conjunto de cilindro y pistón neumático. En este caso el casco también dispone de un sensor de presión marcado en la figura como S. En la vista de la derecha se puede ver el casco protector tras una colisión y con los protectores (3) desplegados reteniendo y protegiendo la cabeza del usuario. Sobre los protectores (3) se muestra la bolsa ya inflada a través de los medios de inflado (7) y que se ha ido inflando a medida que el protector (3) se despliega en el impacto. El sensor S ha enviado una señal a los medios de inflado (7) mediante unos medios de transferencia que ha desencadenado el inflado de la bolsa y la salida repentina del pistón, que empuja a los protectores (3). Las flechas con la cola partida indican el movimiento del visor (2) y del protector (3) durante el impacto. El visor (2) cuenta con una guía (4) que aporta rigidez al conjunto y recibe el primer impacto.

El método de funcionamiento de esta realización preferida es muy similar al ya expuesto anteriormente, para el casco con unos medios de inflado y con bolsas inflables como medio de amortiguamiento. Tanto el despliegue de los protectores como el inflado de los medios de amortiguamiento, se realiza con unos medios de inflado dispuestos al efecto, a partir de la señal de impacto recibida de un sensor.

Como ya se ha comentado, la descripción anterior es más específica que la genérica de la invención, aunque también es cierto que no lo es tanto como para permitir la construcción de un prototipo. De hecho, aún se pueden reagrupar algunos de los componentes para facilitar el desarrollo de esta realización preferida, dividiendo todo el conjunto en unos pocos subsistemas que la hagan más abordable desde el punto de vista de la ingeniería. La relación de subsistemas ideada para el desarrollo de la invención se muestra en la siguiente lista:

Sistema estructural de protección

El sistema estructural de protección comprende los protectores desplegados y los componentes adicionales que los acompañan para asegurar el desempeño de su función, que es recibir la energía de impacto que se desarrolla en una colisión y actuar de barrera defensiva.

Sistema impulsor

El sistema impulsor comprende los medios de inflado que generan de forma ultrarápida y explosiva un fluido que se utiliza tanto en el inflado de los medios de amortiguamiento como en el despliegue de los protectores.

Sistema sensorial

El sistema sensorial detecta el primer impacto y traslada esta información al sistema impulsor de forma que lo dispara instantáneamente para que genere un fluido de forma explosiva, activando el sistema estructural de protección y el sistema de amortiguamiento. El sistema sensorial comprende una barra – guía situada en la parte baja del visor, un sensor de presión o gatillo que se incluye dentro del sistema de conexión del visor abatible con el casco, y unos medios de transmisión de la variable de impacto, en forma de vástago, que desencadena la acción del sistema de protección y retención a través del fluido generado por el sistema impulsor.

Sistema de amortiguamiento

El sistema de amortiguamiento debe asegurar que la desaceleración de la cabeza del usuario esté dentro de los límites fisiológicos de resistencia del ser humano. Se trata de unos medios de amortiguamiento materializados con una bolsa inflable sobre el protector, que se infla mediante el fluido generado por el sistema impulsor.

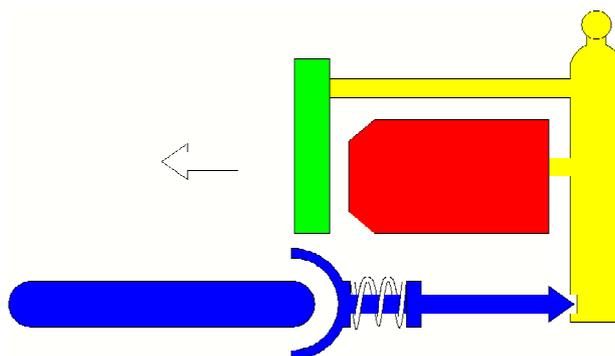


Ilustración 30 Esquema de subsistemas y su relación antes de un impacto. Rojo: sistema estructural de protección plegado. Amarillo: sistema impulsor. Azul: sistema sensorial. Verde: sistema de amortiguamiento plegado.

6.2 OBJETO

El objeto principal del desarrollo de esta realización preferida, es certificar la hipótesis de esta tesis mediante la propuesta realizable y funcional de un sistema de protección desplegable que, cumpliendo las directrices maestras recogidas en la definición general de la invención y en la realización preferida de interés, satisface ciertos requisitos y restricciones de diseño como los ya señalados en el apartado 5.1. Para abordar el diseño de la realización particular, se puede ampliar la descripción de estos requisitos y reformularlos para facilitar su comprensión con información adicional y más concreta. En siguiente lista se muestra una relación de los requisitos y restricciones globales de proyecto para materializar la realización específica:

- Forma: la realización preferida debe mimetizarse con el diseño del típico casco abierto, sin sacrificar las ventajas que este tipo de cascos ofrece al usuario. No se deben introducir sistemas o subsistemas que varíen sustancialmente la forma interna o externa de un casco típico que comprenda todos sus componentes como el visor, la carcasa o los rellenos interiores. El grado de confort del usuario debe ser similar al de un casco abierto estándar, con el suficiente espacio vital disponible. Asimismo, los límites volumétricos máximos de todo el equipo deben corresponderse a los de un casco típico de mercado, lo que incluye un sistema de tallaje normal. Este requisito formal supone la maximización del objetivo compacidad, manteniendo la estética típica de casco abierto.
- Usabilidad: el sistema diseñado debe poder funcionar y mantenerse operativo a lo largo de la vida promedio de un casco normal. Esto requiere que sea totalmente autónomo y se prescinda de fuentes de energía externas que obliguen a su reposición periódica o mantenimiento, como por ejemplo

baterías o engrases. El casco protector no debe contener sistemas que entorpezcan la operación normal de un casco, como su colocación, bajada de visor, etc. aunque sí es posible aumentar en una o dos operaciones el algoritmo de puesta, ajuste y retirada, manteniendo la simplicidad.

- **Ligereza:** el peso de todo el conjunto debe mantenerse dentro de unos límites razonables. Por cuestiones de operación y resistencia a la fatiga del ser humano, en ningún caso el peso global puede superar los 3 Kg y mas preferiblemente se encontrará entre 1 Kg y 2 Kg, lo habitual en cascos de motociclismo. Un sobrepeso supondrá un rechazo automático por parte de un usuario. A la hora adquirir un equipo como este, el peso es uno de los criterios más valorados por el comprador junto con la estética y la funcionalidad. Podría incluso decirse que la capacidad de protección efectiva de la mandíbula se percibe normalmente por el público objetivo como una ventaja adicional, aunque prescindible.
- **Resistencia:** los componentes diseñados deben cumplir uno de los objetivos principales del producto; la conservación de la integridad de la cabeza del usuario así como sus partes internas, y específicamente la zona mandibular, en un accidente con impacto. Esto supone que la invención debe ser capaz absorber o disipar la mayor parte de la energía de la colisión, y además mantener la integridad de los protectores mandibulares lo suficiente como para resistir impactos por rebote y/o una posible abrasión por deslizamiento.
- **Compatibilidad de deformaciones:** los protectores deben ser efectivos en la disipación o contención de la energía de impacto, pero además deben respetar los límites del espacio vital del usuario con el casco encajado, aun cuando se reciba un impacto directo en la zona del mentón. Aunque se cumpla el requisito de resistencia, se debe asegurar igualmente una rigidez suficiente de los componentes que permita a los protectores deformarse o incluso romperse, pero sin que al hacerlo golpeen la cara del usuario o la agredan con una contusión incisa.
- **Rapidez:** un accidente supone una desaceleración casi instantánea de un cuerpo, con una cadena de acontecimientos que se producen en fracciones de segundo. La realización específica debe aportar soluciones viables que permitan que, manteniendo unos límites de desaceleración y amortiguamiento compatibles con las capacidades del cuerpo humano, sean lo suficientemente

rápidas como para que estén disponible en el momento adecuado y realicen su función defensiva.

Uno de los sistemas más críticos de esta propuesta, es el subsistema estructural de protección. La calificación de crítico no es tanto por su importancia para el funcionamiento del casco como medio de protección pues en este sentido todos los subsistemas deben hacer su trabajo con un nivel de fiabilidad similar ya que la vida del usuario depende de ello. Su nivel crítico está relacionado con la viabilidad de toda la invención y de esta tesis. Aunque todos los subsistemas planteados, deben proyectarse de forma confiable, no son absolutamente determinantes para la invención ya que su materialización particular ofrece múltiples alternativas posibles en cuanto a materiales y formas, que se puede abordar utilizando herramientas habituales de creatividad y de diseño. Sin embargo, el sistema de protectores es una parte fundamental que puede comprometer la puesta en práctica de la invención ya que al estar sometido a las grandes sollicitaciones que se desarrollan en un evento de colisión, hace que su diseño no sea trivial. De igual forma, y para satisfacer los requisitos globales del proyecto, los materiales que componen el sistema estructural deberán de ser de perfil medio – alto, en el límite de la ingeniería. Por lo tanto, antes incluso de plantear un prototipo departida para el sistema de protección, hay que ofrecer una respuesta a una cuestión precedente: teniendo en cuenta los materiales de que se disponen para la construcción de componentes ¿es posible concebir un sistema resistente a una colisión frontal o fronto-lateral que cumpla con los requisitos de proyecto?

Si se demuestra a través de su diseño y descripción, que existen componentes capaces de cumplir con los requisitos de resistencia al impacto y que sean desplegables conservando su compatibilidad formal con un casco abierto típico y además construibles con los materiales y procesos de fabricación al alcance de un fabricante, se verificará la viabilidad de este trabajo.

A continuación se desarrolla una serie de propuestas para los sistemas de la realización preferida seleccionada. Por su condición crítica descrita anteriormente, y por actuar como referente formal para el resto de subsistemas, el sistema estructural de protección comprende un estudio más pormenorizado que el resto de subsistemas e incluye un proceso específico de diseño que comprende un ensayo en un laboratorio virtual. El resto de partes funcionales se describen de forma más general, con una serie de proposiciones, que sirven de directrices para conducir la ingeniería de detalle que futuros desarrollos de la invención resultarán en las propuestas definitivas.

6.3 DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DE PROTECCIÓN

6.3.1 ALCANCE DEL DISEÑO ESPECÍFICO

El diseño de los protectores debe cumplir varios requisitos específicos que aseguren la eficacia de los componentes en eventos de colisión, donde el usuario del casco sufre un accidente por impacto en la cabeza, y que además permitan el empleo del casco protector que los integra con unas condiciones mínimas de usabilidad y estética.

A este respecto, se pretende diseñar un dispositivo que asegure la supervivencia de un usuario cuando recibe un golpe en la zona mandibular, sin importar la integridad de los componentes que lo protegen siempre y cuando cumplan con su función defensiva. Este principio se sigue en el diseño de casi todas las prendas de protección concebidas para las personas, como por ejemplo cascos, armaduras, botas escudos, etc. Como norma general, los sistemas se diseñan para absorber la mayor parte de la energía de colisión mediante su deformación, superando casi siempre sus límites de resistencia y alcanzando la rotura. Lo típico es que esos sistemas se deban desechar una vez participan en una accidente, como por ejemplo los cascos de motociclismo. Incluso una simple caída accidental en vacío desde una altura de un metro, modifica la estructura interna del relleno de absorción de impactos, lo que lleva a los fabricantes a recomendar su reposición, también tras sufrir este tipo de golpe leve. Siguiendo esta máxima de partida, se proponen soluciones tanto para componentes y como para materiales que se sitúan en el límite del diseño, con coeficientes de seguridad reducidos que proporcionan elementos ligeros y muy optimizados, aunque perfectamente seguros. A pesar de que existe la posibilidad de que los protectores se fracturen en un primer impacto, la seguridad del usuario queda garantizada aun en el caso de que se produzcan rebotes en el asfalto, ya que la energía que se desarrolla en estas colisiones residuales es mucho menor y puede ser disipada por el sistema de amortiguamiento.

El alcance de este trabajo abarca la propuesta de un sistema básico y funcional, que cumple con los requerimientos globales exigidos a la invención y que además es realizable e integrable en un proceso típico de producción de cascos. Por el contrario, no se pretende formular la ingeniería de detalle y pormenorizada que requeriría la industrialización de la invención ya que el modelo de casco que se ha tomado como base del diseño es genérico y se necesita adaptar el sistema a las formas de la

carcasa del casco definitivo en el que se vaya a implementar. Sin embargo se darán pautas enfocadas a tal efecto que deberán ser desarrolladas, validadas y homologadas posteriormente para un modelo definitivo de producción.

6.3.2 PROCESO DEL DISEÑO ESPECÍFICO

El proceso para el diseño específico del sistema de protección comprende una serie de pasos que definen la metodología utilizada y orientada a encontrar una propuesta definitiva descrita en detalle que valide la hipótesis de partida.

Es necesario plantear un método específico de diseño ya que se trata de desarrollar una realización preferida del sistema de protectores de la invención de forma pormenorizada y realista, atendiendo a una serie de requisitos de diseño más concretos, y que además sirva como línea directriz para la fabricación real del equipo y su puesta en el mercado.

El planteamiento de una solución factible para el sistema de protección requiere por lo tanto una planificación en la que concurren varios subprocesos utilizados en la ingeniería de componentes. El proceso diseño específico además debe tener en cuenta un aspecto importante que se da en cualquier desarrollo que emplee el método científico: testar la hipótesis con experimentos contrastables.

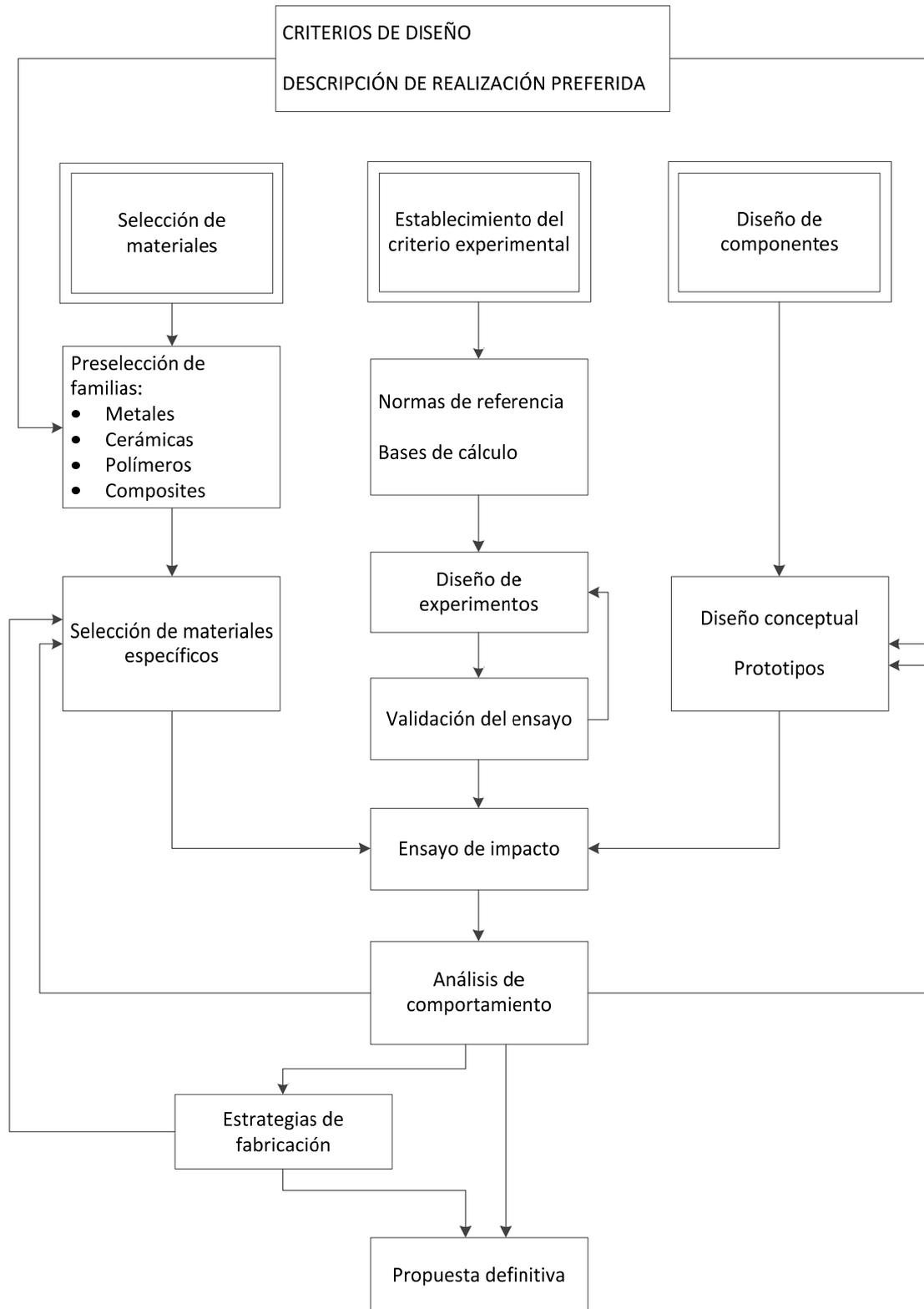


Ilustración 31 Proceso de diseño específico del sistema estructural de protección

6.3.2.1 Selección de materiales

La selección de materiales es un aspecto fundamental e cualquier diseño e ingeniería, ya que la utilización de un material u otro no solo es importante para el cumplimiento de las restricciones que fijan su servicio de forma óptima, sino que se relaciona íntimamente con las opciones para su fabricación y con las posibilidades formales de los componentes como por ejemplo tolerancias, redondeos, tamaño, agujeros, huecos, etc. Además, para este trabajo en particular, es imprescindible comprobar si efectivamente existe algún material de entre los disponibles, capaz formar elementos estructurales que soporten la energía de un impacto manteniendo a salvo al usuario del casco propuesto.

Para la selección de materiales, se parte primeramente de una preselección global, que focaliza las opciones a los grupos o familias más apropiadas para la materialización del sistema, escogidas de entre metales, cerámicas, polímeros o *composites*.

A medida que el diseño final se perfila, se realizan iteraciones en la elección de materiales dependiendo del análisis experimental y de las posibilidades de fabricación, que se particularizan en la solución definitiva.

6.3.2.2 Establecimiento del criterio experimental

Los prototipos resultantes del proceso de diseño se deben testar para comprobar si su comportamiento es el adecuado. El diseño de experimentos se debe hacer considerando las normas de referencia relacionadas con los dispositivos para la protección de la cabeza y estableciendo de unas bases de cálculo. El análisis de estos aspectos y su validación desemboca en el planteamiento de un test que sintetiza de manera objetiva las condiciones de impacto sobre una probeta de ensayo.

El análisis de comportamiento y la discusión de los resultados de las pruebas de impacto se utilizan para realizar refinamientos sobre prototipos intermedios y los materiales que los componen, que conducen a perfeccionamientos que resultan en nuevos prototipos o en la propuesta definitiva.

El ensayo de impacto sirve igualmente para confirmar la propuesta final y la hipótesis de partida, de forma que se certifica la validez de los materiales, la eficacia de la forma, y la viabilidad de los procesos de fabricación con los que se construye el sistema.

6.3.2.3 Diseño de componentes

El diseño de la forma de los componentes parte de los requisitos exigibles al sistema (volúmenes límite, funcionalidades, etc.) y de la descripción de la realización preferida seleccionada, dentro cuyo alcance se debe circunscribir para asegurar la protección de la invención resultante. El diseño particular de las piezas supone un proceso recurrente que se relaciona con los otros y que comprende la experimentación sobre prototipos intermedios y su perfeccionamiento, además de varias técnicas de ingeniería entre las que se encuentran la creatividad, diseño estructural, diseño de producto, modelización, o análisis por elementos finitos.

6.3.3 PRESELECCIÓN DE MATERIALES

Antes de afrontar propuestas concretas respecto a las formas de los componentes, es necesario hacer una valoración previa sobre las familias de materiales disponibles, para pronosticar cuáles son las más apropiadas para la construcción de las piezas del sistema estructural de protección, en función de los criterios de diseño impuestos u otros aspectos adicionales.

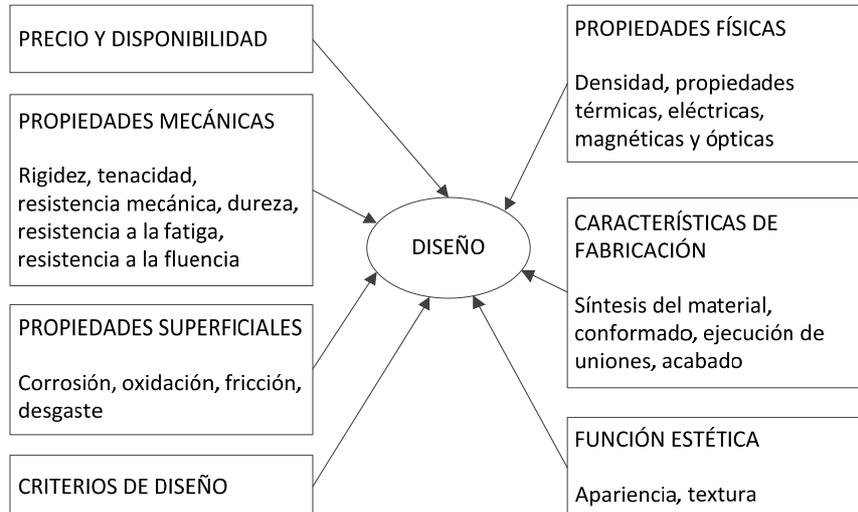


Ilustración 32 consideraciones en el diseño de materiales

Además de la descripción de las familias de materiales disponibles en la literatura, también merece la pena indagar en los modelos de cascos que actualmente se producen, para determinar los materiales típicos que se utilizan a día de hoy en el sector, así como los métodos de fabricación.

A partir de este análisis previo, se puede hacer un descarte de las grandes familias o grupos concretos de materiales que no alcanzan las propiedades físicas exigibles a los componentes, o que aun cumpliendo su función, resulten deficientes desde otros puntos de vista, como por ejemplo el peso. El resultado de este apartado por lo tanto, es una preselección genérica de los grupos de materiales más indicados para el diseño de las piezas, que se irán concretando en elecciones particulares, a medida que los rediseños y refinamientos de los componentes se acerquen a la propuesta definitiva.

6.3.3.1 *Materiales empleados en la construcción de cascos*

Los modelos estándar de cascos que se encuentran en el mercado están compuestos por una variedad amplia de componentes con funciones muy diversas. En todos los cascos, las piezas se fabrican con algún tipo de material de la familia de los polímeros plásticos, elastómeros, metales, o *composites* o una combinación de las anteriores. Así por ejemplo, los visores transparentes suelen ser de policarbonato o polimetilmetacrilato, las piezas para las tomas de aire o los deflectores de plástico ABS, los rellenos de espumas, y los herrajes de metal. Sin embargo, no todos los componentes se producen en una única planta por un solo fabricante, sino que por norma general, muchos de ellos son fabricados por empresas especializadas que proveen a varios productores.

Por otra parte, hay un componente clave que conforma un casco y que por lo general es manufacturado por el propio fabricante en sus instalaciones: la carcasa externa o calota del casco. Existen múltiples razones para que esto sea así, aunque una de las más poderosas está relacionada con la apreciación del producto por parte del usuario a través de la forma y los colores de la carcasa, que es uno de los elementos más visuales de un casco. Mantener la producción de las calotas de forma interna permite llevar un control más riguroso de la calidad y del diseño de las mismas, lo que repercute en la identidad, de la marca, y del prestigio del fabricante. Por lo tanto, a los efectos de este trabajo, es conveniente considerar especialmente los materiales que constituyen estos elementos, ya que suelen ser un indicativo de los materiales y los procesos productivos que ya están asentados en esta industria específica.

El ABS es un termoplástico comúnmente utilizado para la fabricación de carcasas por su alta tenacidad y resistencia al impacto, resistencia a la abrasión, estabilidad dimensional, disponibilidad, fabricabilidad y precio. Sin embargo, no hay que perder

de vista que un impacto directo y concentrado en una carcasa de un casco compuesta por ABS de unos pocos milímetros de espesor, suele superar el límite de rotura del material lo cual se puede ver en los especímenes testados en laboratorios reales y en los cascos de este material analizados tras un accidente. De todas formas este comportamiento no suele acarrear consecuencias desastrosas para el usuario, pues la rotura es muy localizada y una vez disipada la energía del primer impacto sobre la carcasa, lo que queda de ella junto con el relleno de amortiguamiento, formado normalmente por espumas como el poliestireno expandido o EPS de varias densidades, siguen aportando un buen margen de seguridad en la protección efectiva del cráneo.



Fuente: "Smacked the back of my head on the pavement". ericlawrence en Flickr. CC BY-NC-SA 2.0

Ilustración 33 Casco de moto con calota de plástico deteriorada tras un accidente.

Cuando un fabricante desea ofrecer unas características avanzadas en la constitución de la carcasa, se suele decantar por la utilización *composites* de fibra para su elaboración. Estos materiales conservan todas las ventajas que ofrecen los plásticos, pues normalmente su matriz es un termoestable o un termoplástico, pero además proporcionan un nivel sustancialmente superior en las propiedades mecánicas en relación a su peso debido a la contribución de las fibras. Los *composites* más empleados suelen tener una resina como matriz, generalmente epoxi, a la cual se añaden fibras de vidrio o de carbono y se denominan abreviadamente como FRC (*fiber reinforced polymer*). Para conformar la pieza final, se debe pasar por un proceso de curación, que resulta en el componente endurecido. Después, esta preforma se postprocesa con operaciones adicionales de mecanizado en las que se eliminan rebabas y sobrantes y se la practican los cortes o agujeros en los que se acoplan el resto de las piezas que constituyen el producto final. Las fibras más utilizadas para construir las calotas suelen ser de vidrio. En los cascos de mayor gama, en los que el

peso y la resistencia son las características determinantes, se utilizan fibras de carbono, aramida o kevlar.

6.3.3.2 Preselección de familias y grupos de materiales

En el apartado anterior se ha podido comprobar que los plásticos y los *composites* son materiales conocidos en el sector industrial de fabricación e cascos, y que por lo tanto son materiales a considerar en las materializaciones del diseño. Sin embargo, la propuesta del sistema resistente es novedosa y específica de este trabajo, además de crítica para la validación de la hipótesis de partida. Las capacidades mecánicas de las piezas para hacer frente a los requisitos de resistencia y de compatibilidad de deformaciones deben ser muy altas, con lo que se hace necesario realizar un análisis global que a priori considere todos los materiales disponibles.

Teniendo en cuenta la inmensa oferta de materiales y que cada día aparecen nuevos y mejorados, abordar esta tarea no es trivial en este punto del diseño. Existen varios métodos y programas informáticos que pueden resultar de ayuda, y en casi todos los casos sirven para obtener directrices de selección en base a indicaciones y atributos genéricos.

6.3.3.2.1 Aplicación del método Ashby

En el caso de este desarrollo, se ha optado por utilizar el método propuesto por Michael F. Ashby [62], [63], [64], para la selección de materiales en ingeniería, en el cual, a partir de una serie de atributos deseados para un componente, se utilizan unos gráficos que comparan dos propiedades con varios conjuntos de materiales, y permiten obtener como resultado los más apropiados. Una vez preseleccionadas las familias o grupos, se deben escoger particularizaciones con características físicas concretas que permitan fabricar los componentes.

Las grandes familias que se consideran en este método son:

- Metales: que incluyen a las aleaciones como aceros al carbono, aleaciones de aluminio, aleaciones de titanio, etc.
- Polímeros: que incluyen a los plásticos termoestables y termoplásticos como el ABS, PTFE, PMMA, PVC, etc.

- Elastómeros: que incluyen gomas naturales o sintéticas como poliuretano, siliconas, goma natural, etc.
- Cerámicas: la cuales se diferencian en técnicas, capaces de soportar cargas incluso de flexión como la alúmina, y no técnicas que son las típicas porosas como la piedra, hormigón, el ladrillo, etc.
- Cristales.
- Híbridos: que comprende a los composites como la fibra de carbono, a las espumas compuestas como las espumas de polímero flexible y algunos materiales naturales como al madera o el corcho

Las propiedades de los materiales que se indican en los diferentes gráficos Ashby, las cuales se trata de maximizar o minimizar en función de los requisitos del diseñador, se agrupan igualmente en varios conjuntos, como sigue:

- Generales: densidad ρ y coste C_m .
- Mecánicas: módulo elástico y tenacidad, E , G , K , límite elástico σ_y , límite de rotura σ_u , resistencia de compresión σ_c , dureza, fatiga σ_e , coeficiente de amortiguamiento η , etc.
- Térmicas
- Eléctricas
- Eco – propiedades: energía consumida en la elaboración.
- Resistencia al ambiente: resistencia a la abrasión K_A .

De las anteriores, no todas son un objetivo del diseño del sistema resistente de protección. Así por ejemplo, las propiedades eléctricas como la resistividad no determinan la elección de un material, ni tampoco las propiedades térmicas, ya que la temperatura de trabajo es la ambiente. De todos modos es conveniente revisar todas las características de los materiales que finalmente se seleccionen, especialmente si son especies poco habituales, pues un *composite* concreto puede mantener altas propiedades pero solo a temperaturas altas, o si se combinan materiales distintos, conviene asegurarse de que los coeficientes de expansión térmica son similares.

De los requisitos globales de diseño marcados en los objetivos de este capítulo, se pueden deducir las propiedades mecánicas de las piezas del sistema resistente que es necesario optimizar a través de los gráficos. En orden de importancia y en general, el comportamiento deseado en los componentes es

Maximizar la resistencia mecánica, es decir, disponer de una alta capacidad portante respecto a las cargas impuestas, preferiblemente sin alcanzar la rotura.

El concepto de resistencia mecánica varía de unos materiales a otros, ya que mientras en el caso de los metales o los polímeros se refiere al límite elástico, en las cerámicas o los materiales compuestos se refiere a la resistencia a rotura.

Minimizar el peso de los componentes. Cuanto menor es la densidad, menor es el peso del componente.

Maximizar la rigidez. La rigidez de un material se mide mediante el módulo elástico E , que a su vez representa la pendiente de la relación elástica lineal que existe entre la tensión y la deformación en un ensayo de tracción. Un material con rigidez alta, se deforma menos.

Minimizar el coste de los componentes. En este caso, es el factor menos importante de diseño, ya que el objetivo inicial es asegurar que existen materiales que asuman las cargas impuestas.

Para utilizar de forma óptima los gráficos Ashby, se pueden emplear una serie de "índices de materiales" que se deducen de ecuaciones de comportamiento, y que permiten hacer selecciones en función de varias propiedades de forma simultánea, sin necesidad de tener definidos completamente los detalles de diseño. Así por ejemplo, existen índices para componentes a flexión o para dispositivos de precisión, de los que no es necesario conocer su forma concreta. Los índices en general tienen el objetivo de minimizar la masa del componente, aunque indirectamente también minimizan el coste y el impacto ambiental.

Índices de diseño para maximizar la rigidez:

Tabla 12 Índices de diseño para rigidez

FUNCTION and CONSTRAINTS	Maximize
BEAM (loaded in bending) stiffness, length, shape specified; section area free stiffness, length, height specified; width free stiffness, length, width specified; height free	$E^{1/2} / \rho$ E / ρ $E^{1/3} / \rho$
COLUMN (compression strut, failure by elastic buckling) buckling load, length, shape specified; section area free	$E^{1/2} / \rho$

De todas las posibilidades que se ofrecen en la columna de restricciones y funciones (vigas, columnas, placas, discos, cilindros, láminas a presión, etc), se han seleccionado las dos que más previsiblemente tendrá el diseño de los componentes del sistema estructural, es decir, elementos resistentes de sometidos a compresión (tipo columna) o a flexión (tipo viga). En ambos casos el índice de diseño es

$$\frac{E^{1/2}}{\rho}$$

Maximizando este índice de diseño en el grafico Ashby adecuado, se pueden preseleccionar las familias de materiales que, siendo ligeras, tienen el mejor comportamiento respecto a esta característica.

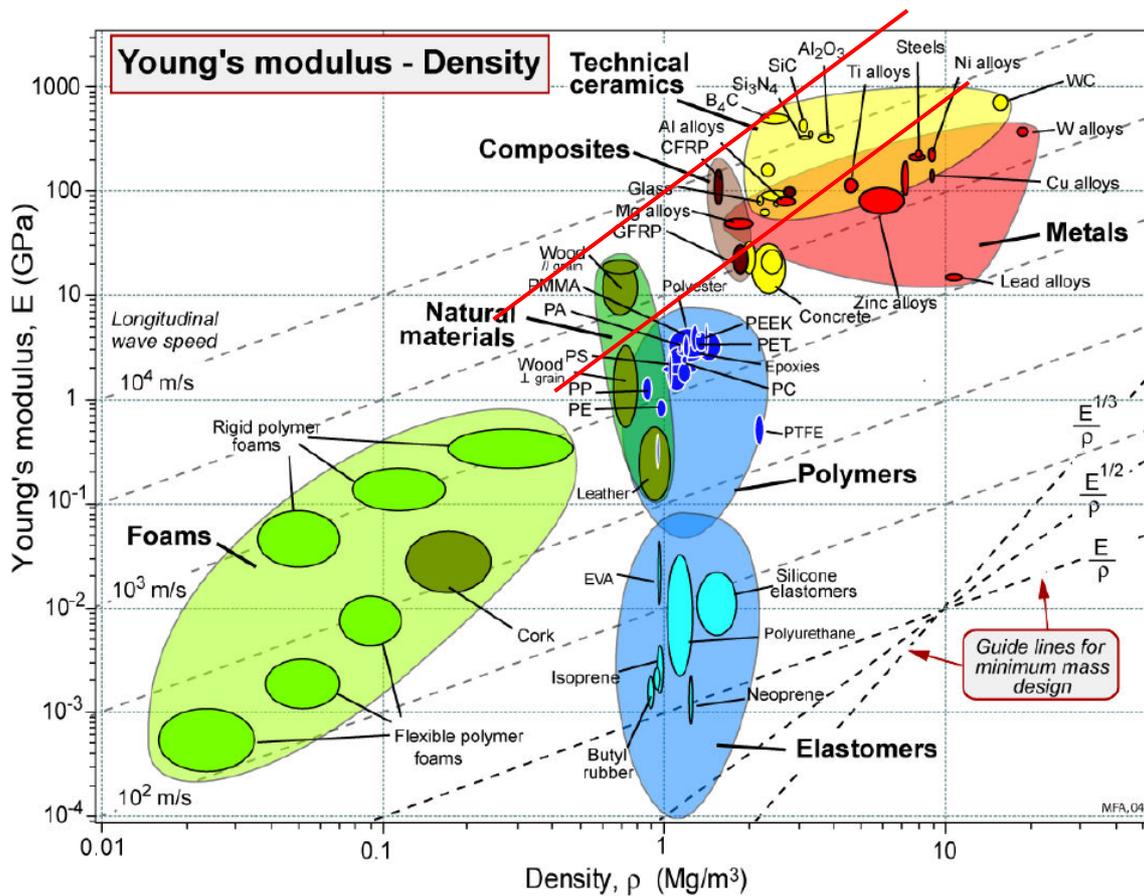


Ilustración 34 Gráfico Ashby para optimizar la rigidez. Las líneas usadas para el diseño son continuas

Tal como se puede apreciar, los materiales con un módulo elástico mayor se sitúan en la parte superior del grafico. En principio, se descarta el uso de las espumas, los elastómeros, los materiales naturales y los polímeros ya que se encuentran en las zonas con menor Módulo de Young, lo cual señala que son altamente deformables.

Seguindo la línea del índice de diseño, los materiales que revela como primera opción son las cerámicas técnicas. Efectivamente, una cerámica porosa es un elemento ligero y muy rígido, sin embargo es muy poco tenaz y su fractura en general es frágil, característica poco adecuadas para el sistema de protección. Los *composites* de carbono y de vidrio son los siguientes candidatos. Seguidamente, la familia a considerar es la de los metales, con las aleaciones de Magnesio con un peso similar a los *composites* de fibra de vidrio y de carbono, y una rigidez intermedia entre ambos. Las aleaciones de aluminio son un poco más pesadas, aunque su rigidez también es algo mayor. Las aleaciones de titanio también ofrecen una buena rigidez, pero su densidad es mayor que la de los otros dos grupos de aleaciones.

Índices de diseño para maximizar la resistencia:

Tabla 13 Índices de diseño para resistencia

FUNCTION and CONSTRAINTS	Maximize
BEAM (loaded in bending) load, length, shape specified; section area free load length, height specified; width free load, length, width specified; height free	$\sigma_f^{2/3} / \rho$ σ_f / ρ $\sigma_f^{1/2} / \rho$
COLUMN (compression strut) load, length, shape specified; section area free	σ_f / ρ

De forma similar, el índice para maximizar la resistencia y minimizar el peso es

$$\frac{\sigma^{2/3}}{\rho}$$

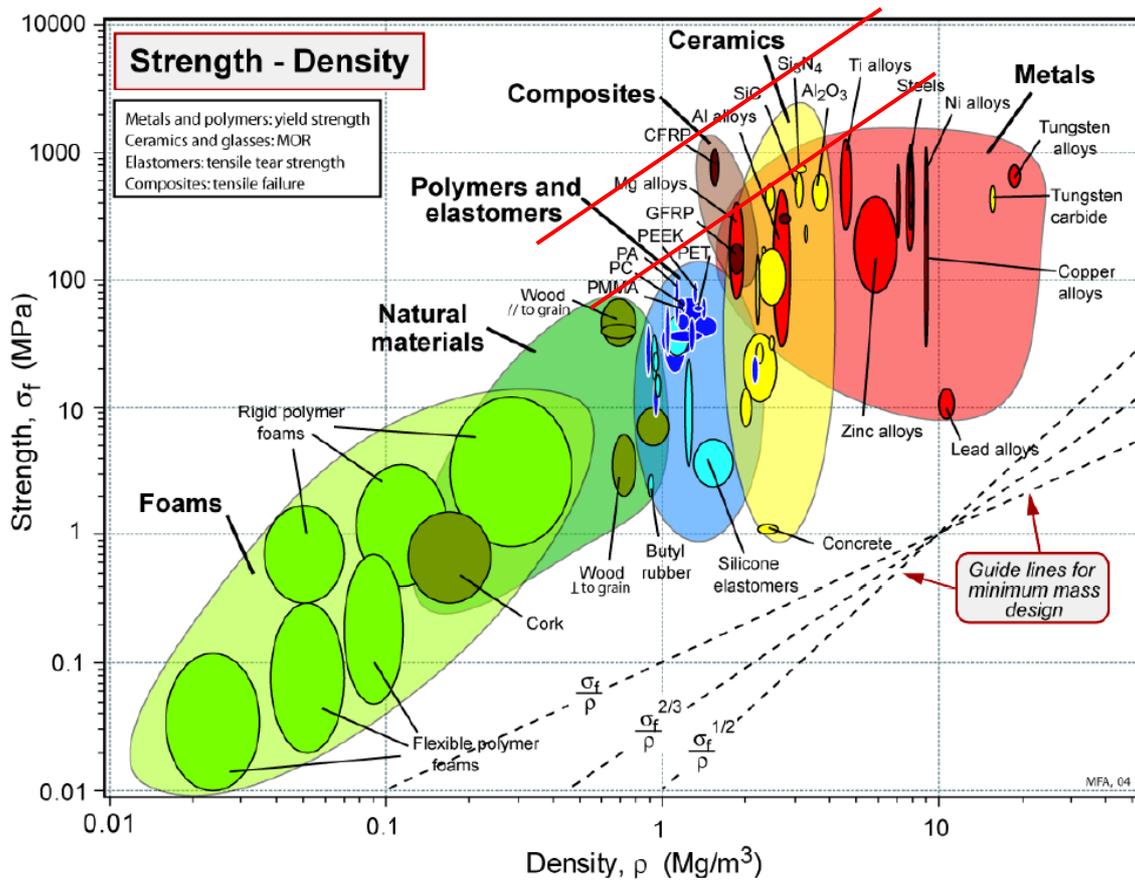


Ilustración 35 Gráfico Ashby para optimizar la resistencia. Las líneas para el diseño son continuas

El gráfico Ashby que relaciona la resistencia con la densidad, muestra los materiales con mayores capacidades en la parte superior. De forma similar al caso anterior, se descartan las espumas, los materiales naturales y los polímeros y elastómeros ya que su límite de resistencia es mínimo. Las cerámicas, también se descartan ya que el gráfico efectivamente representa su resistencia, pero a fenómenos de compresión y no a flexión o tracción, la cual es muy pequeña en comparación con los demás materiales. Teniendo en cuenta estas consideraciones, los *composites* nuevamente son los materiales que reflejan una mejor relación resistencia peso destacando sobre el resto los de fibra de carbono. Los metales son la familia de materiales que siguen a los *composites*. Las aleaciones de Magnesio son el primer grupo de metales que optimizan la relación peso – resistencia, con un comportamiento que se sitúa entre la fibra de carbono y la de vidrio. Sin embargo, son el grupo de las aleaciones de titanio las que presentan la capacidad resistente mayor sin que su densidad sea excesiva, estando su peso en la zona media e inferior de entre todos los metales.

6.3.3.2 Materiales preseleccionados

De los anteriores razonamientos, se puede deducir por lo tanto, que las familias de materiales más adecuadas para la fabricación de los elementos resistentes del sistema desplegable de protección son:

Composites de fibra

Metales ligeros de altas capacidades.

Respecto a la preselección de *composites*, ésta concuerda con el análisis de materiales que actualmente ya se usan para la fabricación de carcasas. La utilización de esta familia de materiales para la fabricación de los nuevos sistemas propuestos no debería suponer por tanto una dificultad adicional por parte de los fabricantes de cascos. Dentro de la familia de los *composites* es preferible utilizar fibras de bajo coste como las de vidrio tipo E [65], frente a las más caras, como las de carbono pero sin perder de vista el cumplimiento del criterio resistente y de compatibilidad de deformaciones el cual es un objetivo prioritario frente al peso o coste.

Dentro de los metales, la primera opción es el grupo de aleaciones de titanio. Aunque las aleaciones de Magnesio o de Aluminio, son las mejores desde el punto de vista de los índices de diseño de forma individual, las de titanio presentan un conjunto de características de rigidez y resistencia bastante mejor equilibrado y optimizado, que compensan sobradamente el aumento de densidad. Aun con ese aumento de peso

respecto a los otros dos grupos, el titanio es un material muy ligero, con unas características resistentes extraordinarias por unidad de peso y que se emplea en muchos componentes de responsabilidad de la industria aeroespacial o en aplicaciones médicas.

6.3.4 BASES DE CÁLCULO Y SIMULACIÓN

6.3.4.1 Norma de referencia

Aunque existen varias regulaciones concernientes a equipos para la protección individual de la cabeza en las que sobre todo se establecen estándares de ergonomía y durabilidad, existen ciertas normas que resultan muy apropiadas para asegurar la resistencia al impacto de este tipo de dispositivos y por extensión para emprender su diseño. Estas normas específicas son las que están dirigidas a la normalización de cascos destinados a usuarios de vehículos motorizados para el transporte por carretera como pueden ser motocicletas, ciclomotores, quads u otros similares y que ya se mencionaron en el apartado 2.4.2 con los acrónimos de ECE, SNELL y DOT. Unos de los aspectos más importantes que incluyen estas regulaciones, es la normalización de la resistencia mínima exigible y la capacidad de absorción y/o disipación de la energía de impacto que aseguren la supervivencia del usuario frente a eventos que implican un choque desde distintas direcciones, como por ejemplo una colisión con otro vehículo o una caída contra el asfalto.

En todas estas normas, hay indicaciones y pruebas que van más allá de la certificación sobre la capacidad del casco para asumir impactos, como pueden ser pruebas de ergonomía, visión periférica, mecanismos de retención, capacidad óptica, etc. Sin embargo, el contenido más relevante para este trabajo es el test de choque al que se somete una probeta con el objetivo de valorizar su aptitud en eventos de colisión.

Aunque todas las normas comparten el objetivo de asegurar que un casco soporte adecuadamente una prueba de impacto, existen algunas diferencias entre cada una en relación a los medios y experimentos para lograrlo. Así por ejemplo, cada norma establece las características físicas y formales de los *dummies* sobre los que se coloca el casco así como sus tallas. Otras diferencias importantes están en el número de experimentos a efectuar sobre cada probeta, las localizaciones de los puntos de choque o la forma del yunque contra el que impacta el espécimen de ensayo. Los límites máximos exigidos de aceleración en el centro de los *dummies* en cada norma también son distintos.

En la Tabla 14 se sintetiza algunas de las diferencias entre cada propuesta respecto al test de impacto:

Tabla 14 Comparativa entre test de impacto según diferentes normas

Norma	DOT	SNELL	ECE
Nº Tests	2	2	1
Yunque	Yunque plano Semiesférico	Yunque plano Semiesférico En borde	Yunque plano En punta
Puntos de impacto	3: delante / lateral /posterior	Según	5: delante / lateral /posterior/ superior mandibular
Cabeza-Dummy	3 tipos: S,M, L	5 tipos según ISO: A, E, J, M, O	5 tipos según ISO: A, E, J, M, O
Aceleración máxima	300 g	300 g	275 g con HIC= 2400

Nota: un impacto de 200/250 g's podría resultar en una herida considerable, aunque probablemente no supone daño cerebral

Como ya se comentó en el capítulo 2 que relaciona el estado del arte, la regulación SNELL, en general es más exigente que las otras normas consideradas, de forma que un casco que supera el test de impacto de SNELL probablemente superará la prueba DOT y ECE.

Sin embargo, el hecho de que una regulación sea más exigente no significa necesariamente que sea mejor. Si un casco debe superar un test de impacto más agresivo, probablemente necesitará construirse con más cantidad de material para la absorción de impactos y para el amortiguamiento, lo que se traduce en un aumento del peso del dispositivo, siendo por el contrario la ligereza una de las características técnicas más importantes de un casco así como de las más valoradas por un motociclista. Algunos usuarios critican la norma SNELL debido que considera situaciones de impacto muy poco usuales, provocando que los fabricantes desarrollen cascos sobredimensionados, cuando ECE y DOT proporcionan igualmente garantías de seguridad en los eventos de colisión que normalmente se producen en la carretera.

Para el desarrollo de este trabajo, se considera como norma de referencia la ECE R22-05, debido a que proporciona un ensayo específico para evaluar la capacidad resistente de un casco ante un impacto frontal en la zona mandibular, y además es la más extendida internacionalmente. Tal como señala esta regulación, el objetivo de los test de impacto es determinar la capacidad de absorción de impacto de la probeta, mediante la recogida de datos de aceleración en el tiempo de una cabeza de test o *dummy* en la que se encaja el casco, cuando se deja caer libremente siguiendo una trayectoria guiada chocando contra un yunque a una velocidad determinada.

Sin embargo, a los efectos de esta investigación, lo que se pretende es proporcionar un diseño de protectores desplegable, asegurando su integridad en un accidente. Las condiciones de desaceleración de la cabeza del usuario están parcialmente relacionadas con la rigidez de los protectores, en tanto a que estos absorben y disipan parte de la energía de impacto, pero es el sistema de amortiguamiento al que le corresponde asegurar los niveles adecuados de frenado de la cabeza. Por lo tanto, la norma de referencia se usará como guía de experimentación para ensayar la capacidad portante del sistema de protección, más que para homologar el equipo. De todas formas, al seguir los preceptos de la normativa, se asegura que el casco que incorpore el sistema diseñado superará las pruebas de impacto y por lo tanto su certificación según norma.

En el siguiente apartado se describe el ensayo de impacto y su implementación mediante un modelo de elementos finitos, siguiendo las directrices contenidas en la norma elegida como referencia, así como las simplificaciones adoptadas para llevarlo a cabo.

6.3.4.2 Ensayos según ECE R22.05 aplicando el Análisis de Elementos Finitos (AEF)

El análisis del comportamiento resistente de los protectores permite, por una parte, dilucidar si la hipótesis de partida es viable, determinando si efectivamente es posible construir un casco con protectores mandibulares a partir de los materiales disponibles en el estado de la técnica para fabricación de productos, y por otra asegurar la eficiencia del diseño de los mismos asegurando la resistencia a esfuerzos y la compatibilidad de deformaciones respecto a su usabilidad.

La aproximación del análisis resistente se puede hacer mediante varias herramientas, que van desde el análisis por la teoría clásica de la mecánica de los medios continuos,

donde varios autores ya han propuesto formulaciones específicas para los casos de vigas curvadas en voladizo con radios de curvatura variables [66], hasta los métodos computacionales más modernos y en general más eficientes desde el punto de vista del coste y del tiempo.

Como una parte más en el proceso de diseño, se plantea por tanto construir un laboratorio virtual que permita realizar pruebas sobre los prototipos predefinidos a través de las pautas formales y de materiales del paso anterior, de forma que se pueda prever cuál de los diseños se comportará mejor en los programas de experimentación reales y en los entornos de trabajo en los que van a ser usados, desechando los candidatos menos apropiados.

Integrando los resultados obtenidos en el laboratorio virtual en el método propuesto para el diseño de estos componentes, se podrá realizar un refinamiento y una optimización global que asegure la capacidad resistente del componente definitivo y su fabricabilidad.

Con esta propuesta se puede llegar a aumentar considerablemente la eficiencia del proceso de lanzamiento de nuevos productos, además de fomentar la innovación en el sector de los equipos de protección de personas. Por una parte, se trata de reducir drásticamente el número de ensayos necesarios a escala real con el objetivo encontrar un modelo optimizado, y por lo tanto disminuir también los tiempos requeridos en las fases de diseño de preseries. Por otra parte, el método permite asumir la producción de diseños más arriesgados e innovadores, que se probarán previamente en el laboratorio virtual, para predecir su comportamiento y su idoneidad, antes de someterlos a los ensayos de laboratorio. Todo lo anterior repercute en el acortamiento del *time to market*.

El análisis de elementos finitos (AEF) se posiciona como el mejor candidato para utilizarlo como laboratorio virtual ya que es un método idóneo para el cálculo computacional. Éste es un método de aproximación de problemas continuos de forma que:

- El medio continuo (estructura, componente o dominio) se divide en un número finito de partes llamadas "elementos" que son subdominios no intersectantes entre sí. El conjunto de elementos finitos forma una partición del dominio también denominada discretización.
- El conjunto de elementos se asocia entre sí conformando una malla, en cuyos puntos de intersección se encuentran los nodos. En los nodos se concentran

una serie de relaciones de adyacencia entre los elementos y un número finito de parámetros que definen su comportamiento. El comportamiento en el interior de cada elemento queda definido a partir del comportamiento de los nodos mediante las adecuadas "funciones de interpolación o funciones de forma".

- Las condiciones de contorno y las relaciones entre los elementos definidas en los nodos determinan los grados de libertad del conjunto. Se pasa de un modelo con infinitos grados de libertad, a un modelo con un número discreto de grados de libertad. La discretización del medio continuo mediante elementos finitos permite resolver el sistema aplicando reglas de problemas discretos.

A partir de la definición del dominio o modelo a ensayar y las condiciones de contorno conocidas, se discretiza el modelo mediante una malla con elementos adecuados con el fin de resolver mediante métodos numéricos de interpolación aproximada las incógnitas del sistema, que en el diseño mecánico suelen ser desplazamientos, esfuerzos o parámetros derivados.

Los tipos de elementos y la geometría se deben seleccionar de forma que se obtengan resultados adecuados para tiempos de computación aceptables. La potencia informática evoluciona enormemente año tras año, permitiendo establecer modelos cada vez más complejos y con menos simplificaciones a precios asequibles. Además, las investigaciones en elementos finitos sacan a la luz nuevos tipos de elemento cada vez más eficientes y que se adaptan mejor a los requerimientos de los modelos del medio continuo investigados. Por otra parte, la llegada de paquetes comerciales de software especializado que permiten el cálculo mediante AEF, ha constituido un elemento democratizador en el empleo de este método, tanto por su disponibilidad como por facilitar la utilización de un modelo tan complejo a un tipo de usuario medio, que no necesita disponer de conocimientos avanzados en física o matemáticas. Los paquetes de software comerciales normalmente comprenden varios módulos que compatibilizan el diseño de productos mediante herramientas CAD y su análisis por elementos finitos. Si además ofrecen herramientas de diseño paramétrico, las posibilidades del diseñador solamente quedan limitadas por su imaginación, pues se pueden ensayar múltiples modelos y variaciones de forma económica y muy eficiente.

Es por lo tanto factible la posibilidad de construir un laboratorio virtual del que se puedan obtener valores representativos del comportamiento del componente y que

permita predecir la eficiencia de la interacción entre los objetos que colisionan en los ensayos reales de laboratorio, e incluso en su funcionamiento en condiciones de servicio.

6.3.4.3 *Diseño e implementación del ensayo a partir de ECE R22.05. Definición del modelo físico.*

Para la realización del ensayo virtual, primeramente se debe construir un modelo o probeta, que represente las características físicas y de comportamiento de un casco durante el ensayo propuesto. Teniendo en cuenta criterios de ahorro de recursos de computación y de tiempo de modelado, se debe adoptar un diseño simplificado. La base para la construcción del modelo de ensayo se ha tomado de un casco comercial del que se han adquirido referencias dimensionales. Para la realización del ensayo, en el modelo se ha prescindido de elementos accesorios como el visor, el mecanismo de apertura del mismo, tomas de aire, barboquejo o el relleno de amortiguamiento y el relleno de confort, modelando exclusivamente la calota o carcasa exterior del casco y los elementos protectores en su caso.

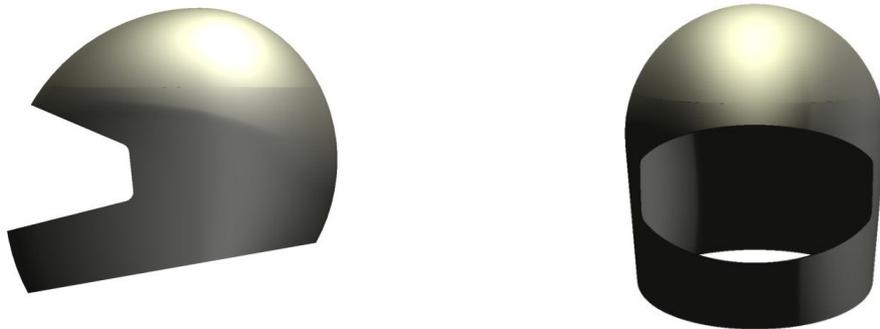


Ilustración 36 Modelo simplificado básico para su ensayo.

A pesar de que la normativa de referencia sobre tests de impacto indica que los cascos a ensayar deben comprender todos los elementos que tiene el producto comercializado, esta simplificación está del lado de la seguridad, pues se prescinde de componentes que contribuyen a la estabilidad y rigidez del conjunto.

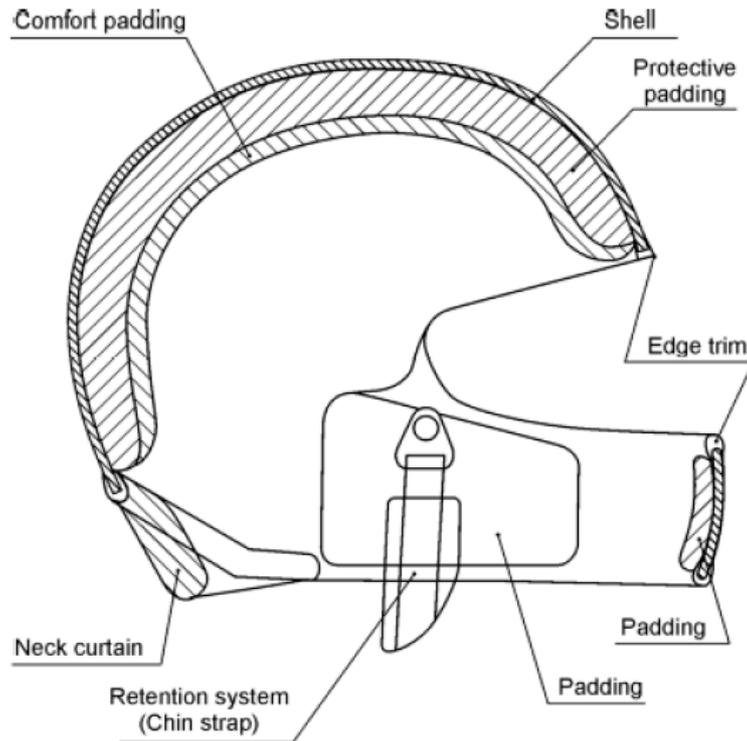


Ilustración 37 Componentes típicos de un casco integral según ECE R22.05

El texto normativo describe el ensayo de absorción de impacto que se tiene que realizar sobre el espécimen, e indica las condiciones normalizadas para llevarlo a cabo. Como ya se ha mencionado, otros ensayos están igualmente recogidos en la reglamentación, como los relacionados con la resistencia a la abrasión de la calota, las capacidades ópticas del visor, la estimación de la rigidez en dos direcciones perpendiculares o la adecuación del sistema de retención (barboqueo), pero no se consideran en este trabajo al exceder el alcance del mismo y no estar relacionados con las capacidades de los protectores que se diseñan. Por otra parte, la solución que se aporta en esta tesis, está planteada para ser integrada en cascos de mercado, con tecnología ya probada y con sus elementos ya testados y homologados, de forma que el sistema propuesto en este estudio no interfiere en sus características.

El test de absorción de impactos que propone la norma supone seleccionar una cabeza de test de entre un grupo normalizado según la talla media de un usuario, y colocarle el casco a ensayar de forma que quede correctamente dispuesto tal como lo haría sobre la cabeza de una persona. A continuación, se deben marcar los puntos de impacto sobre la carcasa del casco, que se determinan para cada espécimen en función de unos criterios dimensionales. La designación de los puntos y su posición se resumen a continuación:

Punto B: en la parte frontal superior.

Punto X: en la parte lateral.

Punto R: en la parte inferior posterior.

Punto P: en la parte superior

Punto S. en la parte frontal inferior



Ilustración 38 Puntos de impacto a ensayar. B (azul), X (verde), P (negro), S (naranja)

Una vez marcados los puntos de impacto, el casco se posiciona adecuadamente en un soporte en función de la zona sobre la que se va a testar. A continuación, se eleva el casco y la cabeza estándar ya posicionados en el soporte, a una altura determinada. Una vez alcanzada la altura correspondiente, el conjunto se deja caer, siendo dirigido por unas guías, hasta que choca contra un yunque de acero de 130 mm de diámetro que está fijado a una base rígida. El yunque puede ser plano o tener terminación en punta en función de la zona de impacto que se esté ensayando: para la zona marcada como punto S es plano y para el resto, puntiagudo.

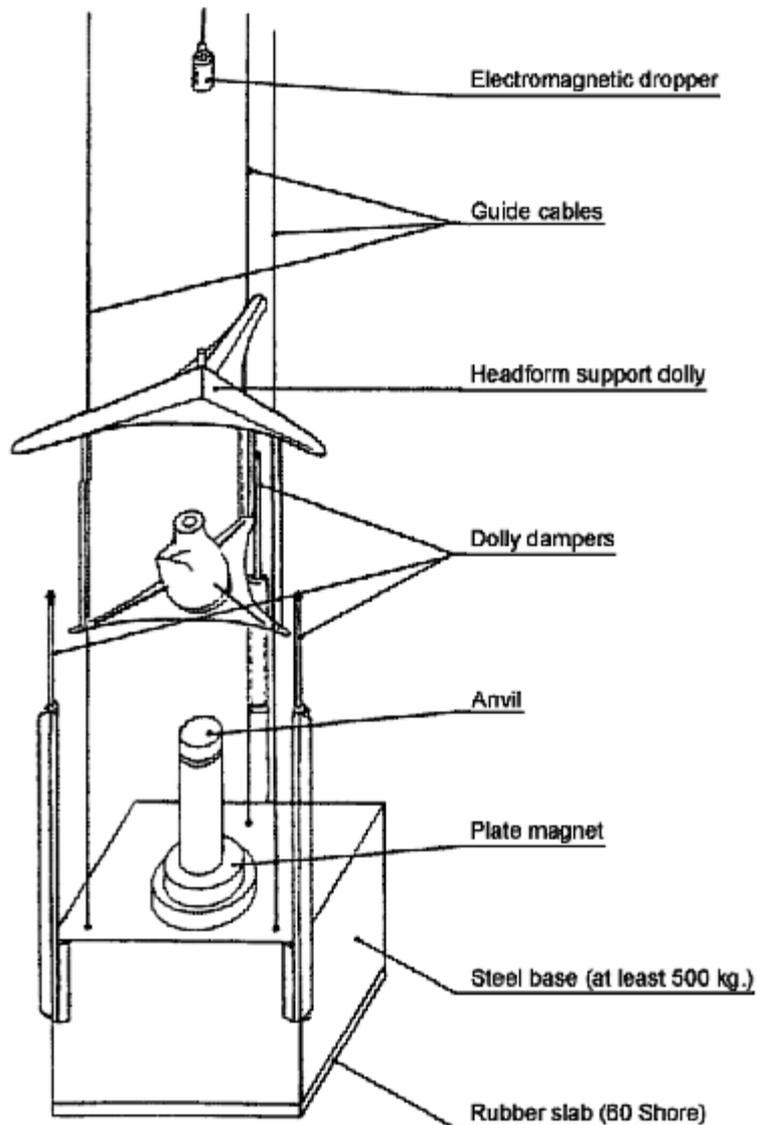


Ilustración 39 Máquina de ensayo sugerida por la norma.

Después del impacto, se analizan los datos recogidos por los instrumentos implementados en el *dummy* y los dispuestos a discreción del experimentador, que normalmente son variables dinámicas y de fuerza. Estos resultados se comparan con los límites establecidos en la norma y se certifica el éxito de la prueba. Se hace además una comprobación visual del casco para evaluar el comportamiento de los materiales y las posibles roturas derivadas del impacto. La ECE R22.05 establece límites para el criterio de daño de cabeza o HIC (*head injury criterion*), que es función de la aceleración medida en el centro de la cabeza de ensayo o *dummy*. En general, un HIC bajo supone un daño en la cabeza menor, aunque algunos críticos aseguran que existen modelos de cascos que, simplemente por la forma que tienen, se comportan óptimamente en este ensayo de forma específica, pero sin embargo en condiciones algo diferentes, como por ejemplo en eventos con impactos desviados, disminuyen su eficacia sustancialmente.

De todas formas, en relación al objetivo de este apartado, el ensayo que se realiza pretende determinar la capacidad resistente de los protectores desplegados en caso de impacto frontal, de forma que puedan asumir la energía de impacto, garantizando la integridad estructural del equipo, y no tanto su capacidad de disipación energética, que es lo que conlleva una desaceleración asumible por la cabeza. Los medios de amortiguamiento, que son los que aseguran unas condiciones de deceleración adecuadas a los límites del cuerpo humano, son conocidos ampliamente en el ámbito de la ingeniería de vehículos. Existen varias soluciones en el estado de la técnica que, utilizando por ejemplo EPS (poliestireno expandido) de distintas densidades, consiguen unos índices de amortiguamiento óptimos con espesores reducidos.

Como ya se ha mencionado, la norma seleccionada es una referencia sobre ensayos de impacto en la zona mandibular de cascos de motociclismo, para este trabajo. Como referencia, no se aplicarán de forma estricta todas las especificaciones descritas en ella en relación a las condiciones ambientales o físicas del espécimen (tratamientos con solventes sobre la carcasa para comprobar su integridad al ataque químico, temperaturas de la sala de ensayos e higrometría), formas y materiales de las cabezas de test o dummies y disposición del mecanismo de ensayo. Por el contrario se adoptarán simplificaciones, pero siempre justificadas desde el lado de la seguridad, de tal forma que, en caso de fabricación de un prototipo y que éste se someta realmente al ensayo, pueda superar ampliamente los requisitos dispuestos en la norma en cuanto a absorción de impactos, e incluso mejorar sustancialmente la resistencia de impacto a velocidades mucho mayores que las recogidas en el texto regulatorio.

A pesar de que existe software de análisis dinámico que permitiría reproducir virtualmente y de forma casi exacta este ensayo, se ha preferido utilizar una modelización simplificada del mismo que permita realizar igualmente una aproximación adecuada a la realidad, en relación a los objetivos de este trabajo. De esta forma, se ha hecho una conversión del laboratorio real de ensayo, traduciéndolo a unas condiciones de contorno, de restricciones y de fuerzas aplicadas al modelo a testar. Definiendo apropiadamente las condiciones de contorno y las fuerzas sobre la probeta, se puede hacer un análisis por elementos finitos que permita determinar los límites del diseño propuesto, de manera muy similar a como ocurriría en un ensayo real.

6.3.4.4 Condiciones de contorno en el modelo en el AEF

Una de las primeras características que una persona puede apreciar en un casco, es que existe al menos un plano de simetría que lo divide en dos partes iguales longitudinalmente. Las simetrías en las formas de las piezas son un elemento ampliamente utilizado por los calculistas para realizar simplificaciones estructurales, pues inciden directamente en las simetrías del modelo matemático, agilizando sustancialmente la convergencia y la resolución del problema.

De esta forma, dividiendo el sólido en dos partes a partir del plano longitudinal y sometiendo una de ellas al ensayo, se simplifica el modelo y se obtienen resultados significativos y muy cercanos al comportamiento real.

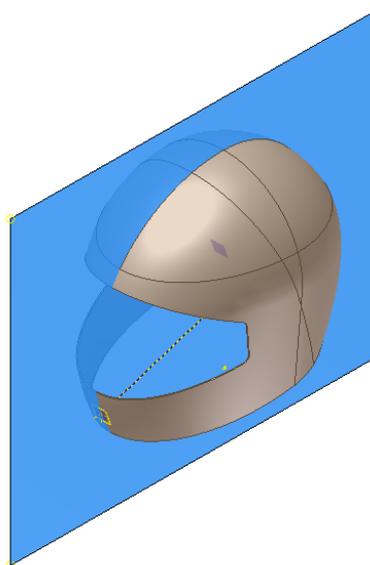


Ilustración 40 Plano de simetría del modelo

Otra simplificación geométrica considerada en el cálculo, es eliminar el material de la carcasa que se sitúa por encima de un plano imaginario que pasa por el límite superior de la mentonera del casco. Los protectores diseñados y el campo de tensiones que deben asumir en un impacto, deberían ocupar un espacio comprendido en esa zona. Esta nueva simplificación implica unas condiciones más desfavorables para el diseño que las que se dan en el ensayo a escala real, pues de nuevo se dejan de lado partes del casco que realmente favorecen la rigidez y estabilidad del conjunto.

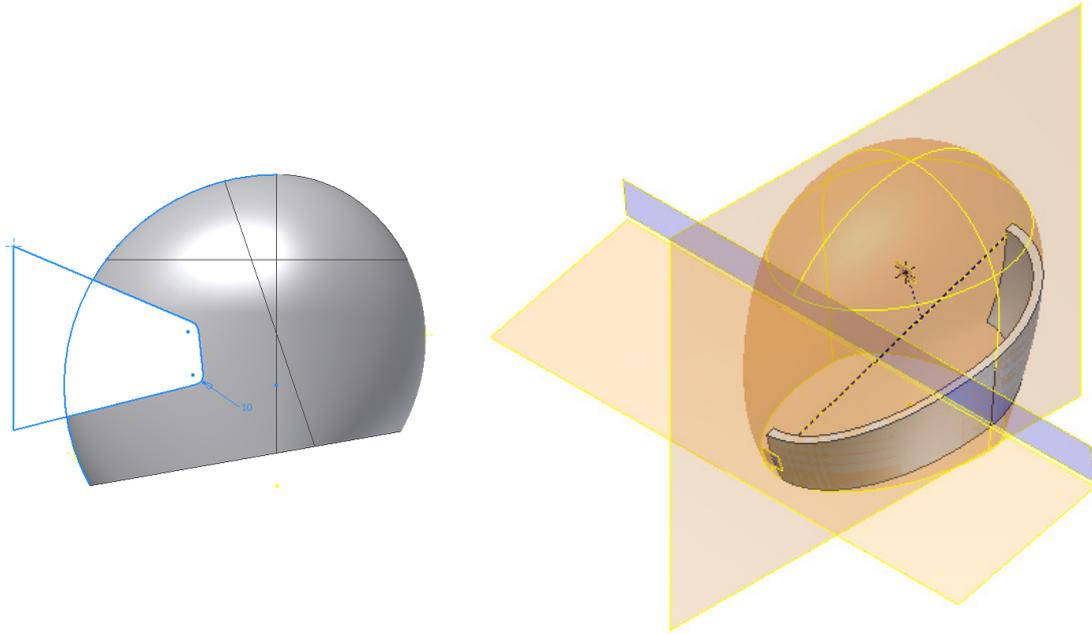


Ilustración 41 Simplificaciones geométricas del modelo

En el caso de un impacto en el punto S y tomando como sistema de referencia el casco en movimiento, se puede considerar que la zona posterior de la pieza es un empotramiento rígido respecto al plano de simetría, mientras que la parte frontal de casco tiene al menos dos grados de libertad contenidos en el plano mencionado, de tal forma que, tal como ocurre en la realidad, se produce un desplazamiento de la mentonera hacia el interior del casco, inducido por la fuerza de impacto frontal. Esta asunción convierte el sistema dinámico, en el que el casco se desplaza hacia el yunque al dejarlo caer desde una altura especificada, en un sistema donde la referencia se sitúa en el propio casco, el cual está sometido a unas condiciones de contorno tales como las definidas anteriormente.

Para determinar el lugar de impacto se ha tenido en cuenta las instrucciones de la norma respecto a la disposición de la probeta en relación al yunque, y se ha escogido un punto central localizado en la mentonera. La fuerza de impacto debe ser por tanto perpendicular a la superficie donde se localiza este punto (punto S).

El software de diseño escogido para el análisis por elementos finitos realiza de forma automática tanto una propuesta de tipo de elementos como su malla de distribución. En algunos casos es necesario intervenir y realizar esta selección de forma manual, sobre todo cuando se trata de geometrías complejas, piezas críticas de diseño que están en el límite de la ingeniería o con condiciones de contorno particulares. En este

caso, se respeta la propuesta del programa ya que, por una parte, es bastante adecuada para el análisis que se lleva a cabo y por otra, el objetivo de cálculo no es proponer un diseño pormenorizado, sino certificar que éste es viable. El diseño de una serie para poner en marcha el producto en el mercado requerirá de una adaptación a la geometría real del casco y un refinamiento y optimización de la propuesta considerando herramientas de diseño parametrizado y condiciones del modelo sin simplificaciones que aumenten innecesariamente las demandas de resistencia y deformabilidad, más cercanas a las condiciones de servicio reales.

El siguiente paso para construir el ensayo virtual mediante elementos finitos es establecer las fuerzas a las que se somete la probeta, lo cual se describe a continuación.

6.3.4.5 Cálculo de la fuerza de impacto

Desde hace varios años se vienen proponiendo múltiples modelos [67] [68] para determinar los efectos de las colisiones sobre cuerpos que impactan, sobre todo debido al interés que suscita este tema en la industria automovilística. La complejidad del modelado de los eventos de impacto y la precisión de los resultados que se obtienen, está muy relacionada con la heterogeneidad de variables que convergen en este proceso físico que además es fundamentalmente dinámico. Una de las partes más complejas de definir es la elasticidad de los cuerpos que impactan y por tanto su capacidad de disipar, absorber o transmitir la energía de choque.

Para determinar la fuerza de impacto sobre el modelo de ensayo se pueden asumir los principios de la mecánica clásica respecto a la conservación de la energía teniendo además en cuenta Leyes de Newton.

El principio de conservación de la energía aplicado a un sistema mecánico en un campo conservativo indica que la energía mecánica es constante en el tiempo de tal forma que:

$$E_{mec} = E_c + E_p + E_e = Cte.$$

Donde E_c es la energía cinética del sistema, E_p es la energía potencial y E_e es la energía potencial elástica.

A los efectos del presente trabajo, se ha asumido que los objetos en colisión son principalmente inelásticos. Despreciando la elasticidad de los cuerpos, se asume que

toda la energía de impacto se transmite al modelo de ensayo, sin que haya una parte de la energía empleada en procesos de deformación o disipación de calor, lo cual es una situación del lado de la seguridad respecto a la prueba de resistencia que se pretende realizar.

La variación de la energía mecánica de un sistema en el cual una masa en reposo se deja caer desde una altura h sobre un suelo rígido es cero. Teniendo en cuenta las expresiones clásicas para la energía potencial y la energía cinética, es fácilmente deducible la expresión de la velocidad de un cuerpo en caída libre a una distancia determinada desde una posición de reposo, tomando la aceleración de la gravedad como una constante:

$$v^2 = 2gh$$

Donde v es la velocidad del cuerpo, h es la distancia recorrida por el cuerpo desde la posición de reposo, y g es la aceleración de la gravedad.

La norma de referencia indica como parámetro de control que la velocidad de la masa en movimiento sea de 5.5 (+0.15/ - 0.0) m/s para el ensayo de la mentonera del casco en el denominado "point S", medida a una distancia de entre 1 cm y 6 cm antes del impacto, De esta forma es trivial deducir la altura a la que se debería situar la masa en movimiento, que comprende la cabeza de ensayo con el casco insertado, al inicio de la prueba.

Una velocidad de 5.5 (+0.15/ - 0.0) m/s corresponde a aproximadamente 20 km/h. La norma de referencia considera que el ensayo de los protectores de la parte baja de la cara "protective lower face cover" deben ensayarse simulando un accidente en el cual la cabeza del usuario con el casco cubriéndola, impacte frontalmente a esa velocidad contra un elemento fijo, que la ECE sustituye por un yunque plano. Aunque en un principio pueda parecer una velocidad excesivamente baja teniendo en cuenta que un accidente en condiciones reales supone al menos que el usuario salga despedido de la motocicleta para acabar recibiendo un impacto súbito y violento contra el suelo, raramente el primer impacto lo recibe directamente en la cabeza, sino que la colisión de ésta contra el suelo se produce después de un primer impacto en la zona torácica o las extremidades. Considerando la altura media de una persona a los mandos de una moto, que concuerda con el resultado de $h = 1.53$ m obtenido de la fórmula anterior para la velocidad indicada, lo que se simula es más bien el impacto vertical de la cabeza del conductor en el caso de que éste se dejara caer desde su posición de conducción o desde la altura más alta de la trayectoria que podría seguir

en el caso de salir despedido; ambas situaciones muy habituales en el caso de un accidente típico.

Por otra parte, teniendo en cuenta las expresiones para la conservación de la Cantidad de movimiento de un cuerpo, el Impulso y la Segunda Ley de Newton, es fácilmente deducible que cuando la masa es constante:

$$m dv = F_{imp} dt$$

Donde m es la masa de la masa en movimiento, v es la velocidad de impacto, F_{imp} es la fuerza de impacto y t es el tiempo.

Como se ha visto, la velocidad de impacto está definida en la norma de referencia. Respecto a la masa, se debe considerar la masa de lo que la norma define como "masa en movimiento", que comprende una cabeza de ensayo instrumentalizada similar a un *dummy* y el casco en la que está insertada. Las cabezas de ensayo están estandarizadas en cuanto a material, forma, tamaño y peso en función de las medidas antropomórficas con el percentil 50 de la población. Así la ECE ofrece las siguientes características para las cabezas de ensayo en función de la talla:

Tabla 15 Cabeza de ensayo según ECE R22.05

Símbolo	Tamaño/ Talla en cm.	Masa en kg.
A	50	3.1 +/- 0.10
E	54	4.1 +/- 0.12
J	57	4.7 +/- 0.14
M	60	5.6 +/- 0.16
O	62	6.1 +/- 0.18

La masa de un casco de motociclismo típicamente va desde los 700 gr para cascos tipo Jet abiertos ultraligeros, hasta los 2.5 kg para los cascos modulares más pesados.

El cálculo del tiempo que tarda la masa en detenerse es un parámetro extremadamente difícil de definir, pues depende de la estabilidad elástica y plástica de las masas que colisionan, el rozamiento interno, efectos de segundo orden o el comportamiento físico químico del material bajo grandes tensiones, entre otros parámetros. Existen aproximaciones para determinar las fuerzas de impacto en casos

típicos, como masas impactando en vigas biapoyadas, mediante la obtención del denominado factor de amplificación dinámica o el coeficiente de restitución aunque la utilización de este tipo de herramientas supone gran cantidad de simplificaciones. Para la obtención de la fuerza de impacto en este modelo, se ha recurrido a experimentos anteriores de colisión en cascos realizados por otros autores [69].

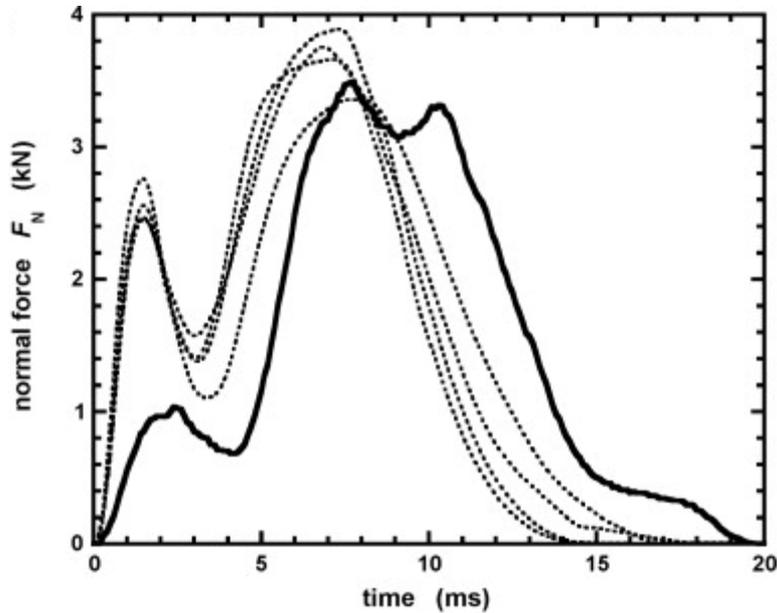


Ilustración 42 Comportamiento típico de la fuerza de impacto a 2.59 m/s en un casco de motocicleta con una cabeza de 4.77 kg [69]

Los datos de los experimentos indican un tiempo de frenado + rebote de en torno a los 20 ms y que la fuerza de impacto es variable en el tiempo, siguiendo una forma similar a una función gaussiana, con una concentración de la intensidad de la fuerza en un periodo de unos 4 ms. Para la realización de la prueba y el diseño de los componentes se ha simplificado este comportamiento dinámico, asumiendo que la fuerza de impacto es una constante en el tiempo y que la duración del evento de impacto, en el que la masa se decelera desde la velocidad de impacto hasta su detención, es de en torno a los 4 ms.

A partir del desarrollo anterior, tomando los siguientes valores para las variables y considerando redondeos y simplificaciones que suponen la situación más desfavorable en el elemento a ensayar:

Tabla 16 Valores para el cálculo de la fuerza de impacto

Variable	Valor	Uds
----------	-------	-----

Variable	Valor	Uds
Velocidad de impacto	5.5	m/s
Masa en movimiento	9	kg
Tiempo de frenado	4	ms

se deduce que la fuerza de impacto que debe soportar es espécimen de prueba en un accidente con impacto mandibular frontal es:

$$F_{imp} = 12375 N$$

Comparando este resultado con los trabajos experimentales recogidos en otros trabajos [69] [70], en los cuales se utilizan sensores de carga aplicados en la superficie de impacto para determinar la fuerza del choque, se puede ver que el valor deducido se aproxima a los más altos de los experimentos realizados. Aun cuando los puntos de impacto ensayados eran otros, como la región de la bóveda del casco o la parte posterior, en las pruebas se utilizaron conjuntos de masas y velocidades parecidas a las consideradas en este trabajo, arrojando valores de fuerza de impacto aproximados o inferiores.

Desde el punto de vista de los protectores desplegados, un impacto frontal supone una de las situaciones más desfavorables que se pueden producir durante su servicio, pues una carga en dirección fronto-lateral implica una situación menos peligrosa, ya que el elemento resistente asume menos tensiones de trabajo al situarse más cerca de los límites de la carcasa del casco, con lo que el conjunto ofrece una rigidez superior.

Como ya se ha comentado, la posición de la fuerza de impacto respecto al espécimen corresponde al punto S definido en la norma. Para establecer la dirección del vector de la fuerza de impacto sobre el modelo, se tomó la superficie frontal de la mentonera y se estableció una línea perpendicular a la misma, contenida en el plano de simetría longitudinal que lo divide en dos partes iguales. Esta dirección se aproxima a la que realmente tiene la fuerza de impacto en el ensayo real, siguiendo las indicaciones contenidas en la ECE R22.05 respecto a la posición del casco en la cabeza de test y su alineación respecto al yunque en el que impacta tras dejarlo caer.

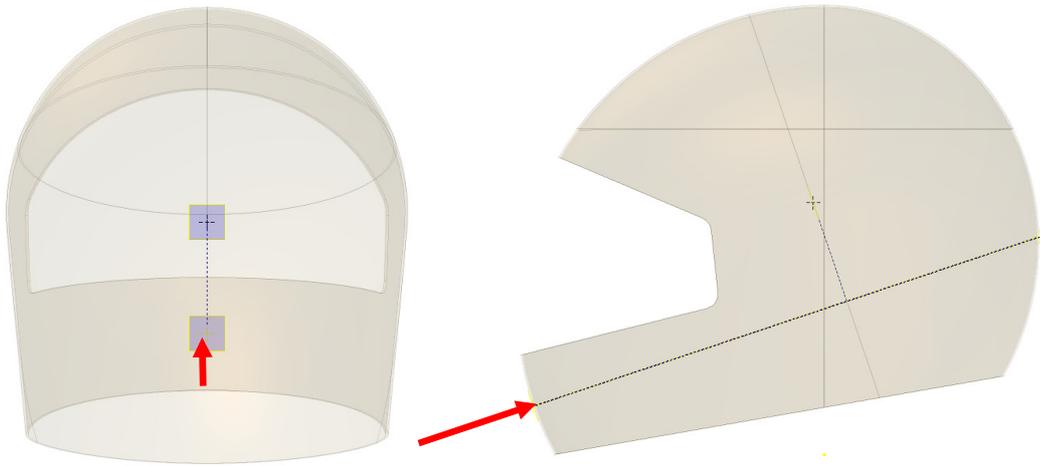


Ilustración 43 Vector de la Fuerza de impacto

6.3.4.6 Validación del ensayo y simulación en un casco integral.

Para validar el laboratorio virtual y el ensayo según la norma de referencia, se ha procedido a probar los efectos de la fuerza de impacto en una probeta modelada a partir de un casco de motociclismo de tipo integral. Por otra parte, a partir del análisis tensional de este modelo y de las simplificaciones adoptadas en él, se puede realizar un primer esquema del sistema de protectores desplegable, determinando las zonas de baja y alta tensión y/o deformación, lo que permite realizar una estimación de espesores y materiales, y de las zonas más apropiadas para realizar uniones o disponer elementos auxiliares del sistema.

Los resultados de la simulación que se analizan tras el ensayo, son por una parte las tensiones según el criterio de Von Mises, que tiene en cuenta las tensiones principales del tensor de tensión que se dan en el medio continuo, y por otra parte los desplazamientos máximos inducidos por la fuerza aplicada.

6.3.4.6.1 Condiciones de contorno particulares en el AEF

Para la realización de este primer ensayo virtual se han tenido en cuenta las fuerzas, las condiciones de contorno y las simplificaciones comentadas anteriormente respecto a la forma y acciones sobre la probeta.

Sin embargo, para poder simular un comportamiento más cercano al real en el caso de un casco integral, se deben considerar la capacidad de movimiento de la mentonera, teniendo en cuenta que esta parte es una pieza que forma un bloque

monocasco con el resto. Para simular esto, se han particularizado las condiciones de contorno descritas anteriormente, incluyendo además en el modelo una guía virtual coincidente con el plano de simetría longitudinal. Los contactos entre la guía y el espécimen son por tanto de dos tipos: un empotramiento rígido en el extremo posterior del espécimen, y un contacto deslizante en la parte frontal. Así, a la parte frontal del casco se le restringe un grado de libertad, que es el que se corresponde con el movimiento perpendicular al plano de simetría, asimilando el comportamiento real de la mentonera en el caso de recibir un impacto frontal.

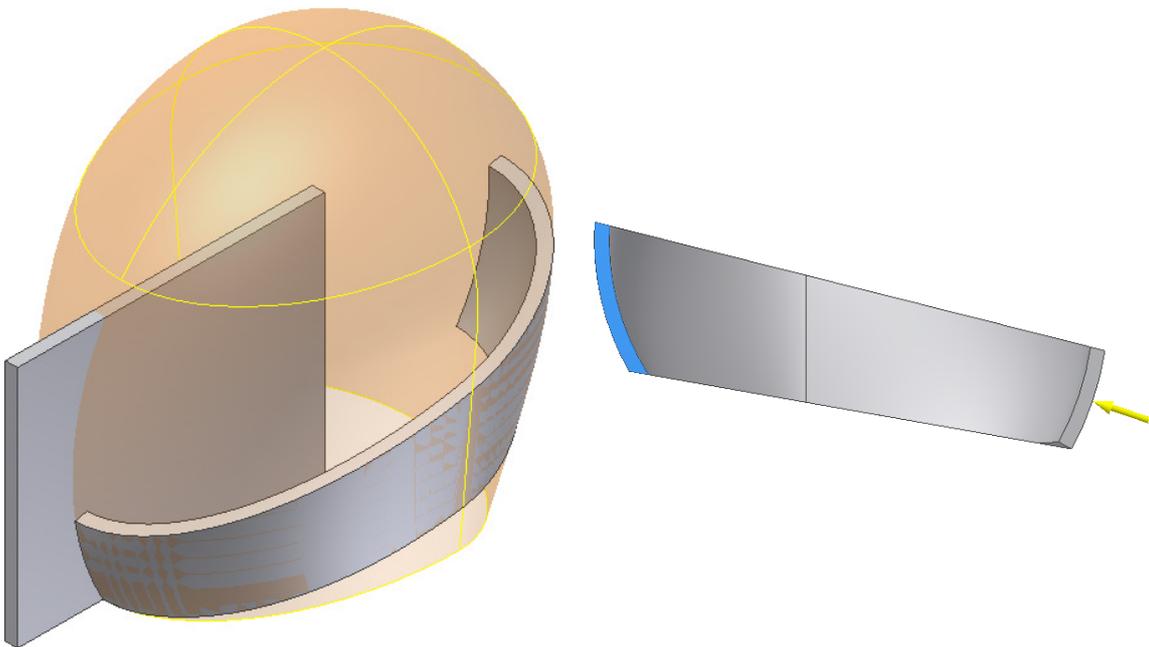


Ilustración 44 Modelo con guía. Virtualmente, la guía se extiende el plano de simetría infinitamente

Ilustración 45 Modelo empotrado en su extremo posterior, con la carga aplicada

Las características de la guía son genéricas en cuanto a material, y se han definido con unas propiedades físicas de resistencia (rigidez, límite elástico, coeficiente de Poisson y de rotura) suficientemente altas como para que no afecten al análisis tensional y de deformaciones de la pieza de interés. En el análisis de los resultados de la simulación, se ha ocultado la visibilidad de la guía y se ha prescindido sus resultados.

En cuanto a la probeta, se ha seleccionado un material y un espesor fijo, de forma que su rigidez y resistencia son lo suficientemente significativas como para poder visualizar un campo de tensiones y de desplazamientos que permite hacerse una idea de las zonas críticas del componente sometido a la fuerza de impacto frontal. El material es un *composite* de fibras con matriz epoxi con las propiedades que se muestran a continuación:

Tabla 17 Propiedades del material de la probeta

Nombre	Hexply M65	
General	Densidad de masa	1,56 g/cm ³
	Límite de elasticidad	841 MPa
	Resistencia máxima a tracción	841 MPa
Tensión	Módulo de Young	50 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,28 su
	Módulo cortante	19,5313 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0,0000000012 su/c
	Conductividad térmica	56 W/(m K)
	Calor específico	460 J/(kg c)

6.3.4.6.2 Análisis de resultados

Después de introducir las condiciones de contorno y el modelo geométrico en el software de simulación, la propuesta de mallado con elementos finitos arroja un total de 949 elementos de tipo plano con 2099 nodos.

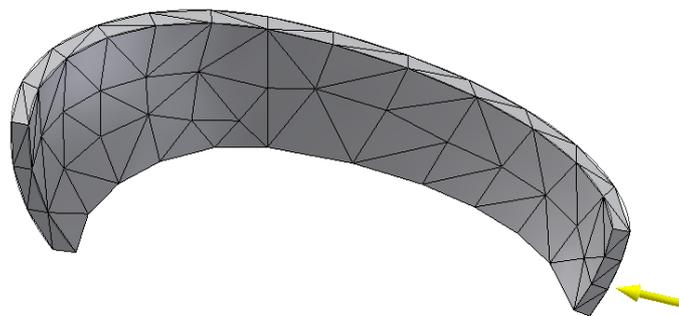


Ilustración 46 Distribución de elementos en malla

Los valores de las tensiones máximas y mínimas en el objeto simulado no son relevantes en esta parte del proceso de diseño ya que lo que se busca es una vista de la distribución de las tensiones para poder establecer la forma y disposición de las piezas que conforman el sistema de protectores desplegados definitivo. Aun así, merece la pena reseñar que la preselección del material ha sido la adecuada, ya que la tensión máxima de Von Mises en la pieza, aunque es elevada, no excede en ningún momento su límite elástico o la tensión de fractura, lo que supone que, desde el punto de vista resistente, el material elegido puede soportar las condiciones de carga impuestas.

Esta primera conclusión es relevante desde el punto de vista de esta tesis, ya que demuestra que, a pesar de las grandes cantidades de energía que se desatan en una colisión frontal, el sistema ideado no es imposible de implementar, pues existen materiales disponibles capaces de asumirlas con garantías ante el fallo, manteniendo la integridad estructural.

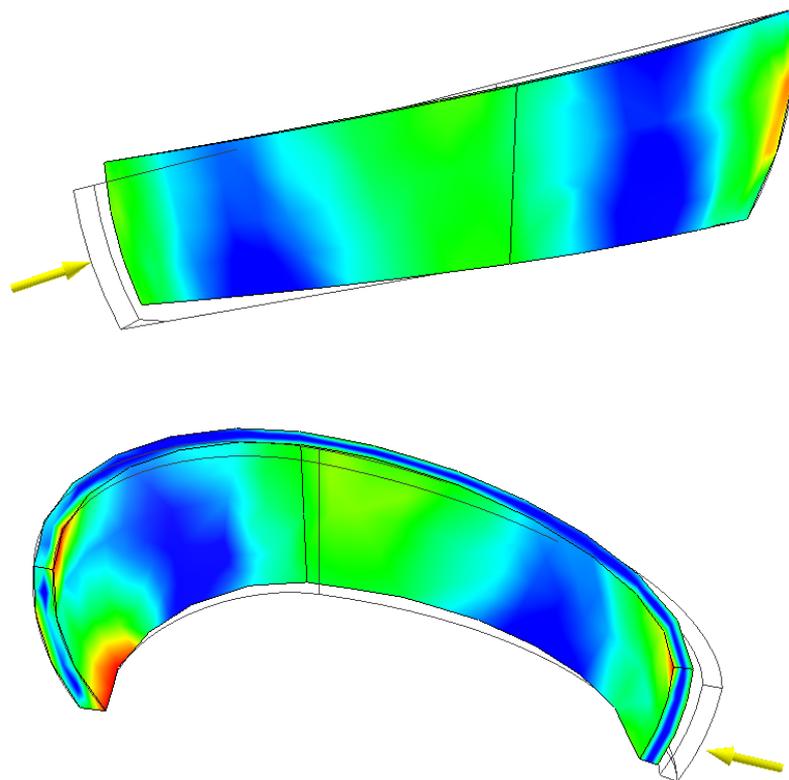


Ilustración 47 Distribución de la tensión de Von Mises. En azul, tensiones mínimas. En rojo, tensiones máximas

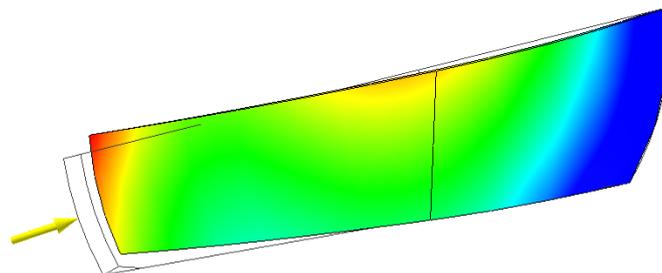
Volviendo a la distribución del campo tensional en la pieza, los resultados indican que se pueden identificar tres partes distintas en el componente, separadas por bandas verticales de tensión mínima, que en la figura se muestran en color azul.

Por un lado, se puede ver que la zona posterior de la probeta se encuentra muy tensionada, lo cual es consistente con el tipo de vinculación que se ha impuesto a la pieza en esa zona; un empotramiento rígido.

La franja frontal también muestra tensiones elevadas en el extremo que se desplaza, a consecuencia tanto del tipo de restricción establecida, como de la localización de la fuerza de impacto.

La tercera zona, en la parte central, muestra una distribución de tensiones más moderadas, sin altos picos de tensión, que solamente se encuentran en las zonas de los extremos.

Respecto a la distribución de los desplazamientos, los resultados no indican un comportamiento fuera de lo esperado, con el desplazamiento máximo dispuesto el extremo frontal de la pieza, que se mueve a consecuencia del impacto frontal contra el yunque. El extremo posterior permanece fijo, tal como ocurriría en el ensayo real sobre el casco según la norma de referencia. Al igual que con las tensiones, los valores en mm de los desplazamientos que ofrece la simulación no son importantes en este momento, pues dependerán de la rigidez de los materiales y de las formas de las piezas que finalmente se adopten en el diseño definitivo. En este caso simplemente corroboran la fiabilidad del modelo ideado, al mostrar un comportamiento muy parecido al real. De todas formas, vale la pena mencionar que los niveles de desplazamiento observados en esta simulación particular, vuelven a certificar la viabilidad de la invención en relación con los materiales disponibles actualmente para la fabricación de componentes industriales.



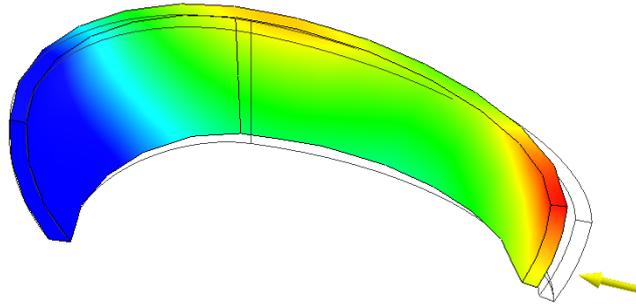


Ilustración 48 Distribución de desplazamientos

6.3.5 DISEÑO DEL SISTEMA CON PROTECTORES DESPLEGABLES

Para preparar un boceto con el diseño detallado del sistema con los protectores desplegables, se deben tener en cuenta una serie de requisitos específicos asociados al sistema estructural que amplían los globales de proyecto indicados en 6.2 y que se muestran a continuación:

- Para mantener el aspecto típico de un casco abierto, los protectores deben permanecer en el interior de la carcasa del casco durante la operación normal del mismo. Solamente se despliegan en caso de colisión. La forma y disposición de los mismos debe ser tal que, en la posición de plegado, quepan de la forma más compacta posible dentro del casco sin exceder sus límites físicos.
- En un evento de impacto, los protectores deben desplegarse siguiendo un contorno tal, que protejan la cabeza del usuario sin que invadan el espacio que ésta ocupa. Los protectores desplegados tampoco pueden superar el espacio delimitado por el visor del casco en posición de orden de marcha, es decir, cerrado.
- Los protectores deben ser elementos rígidos y ligeros. Aunque existe la posibilidad de emplear materiales flexibles con memoria de forma, de tal manera que adopten un contorno específico en la posición de plegado y otro en la de desplegado, se prefiere la utilización de elementos formales definidos ya que suponen simplicidad de desarrollo, de fabricación y de montaje. La rigidez de los elementos implica que sus formas deben ser compatibles con la función de desplegado y replegado.

El equilibrio de todos los requerimientos globales y específicos en un único diseño no es trivial, debido a que las formas de las carcasas de los cascos suelen ser geometrías no

uniformes y muy complejas, que hacen difícil compatibilizar elementos plegables dispuestos en su interior, y que además respeten los límites formales, incluso una vez desplegados.

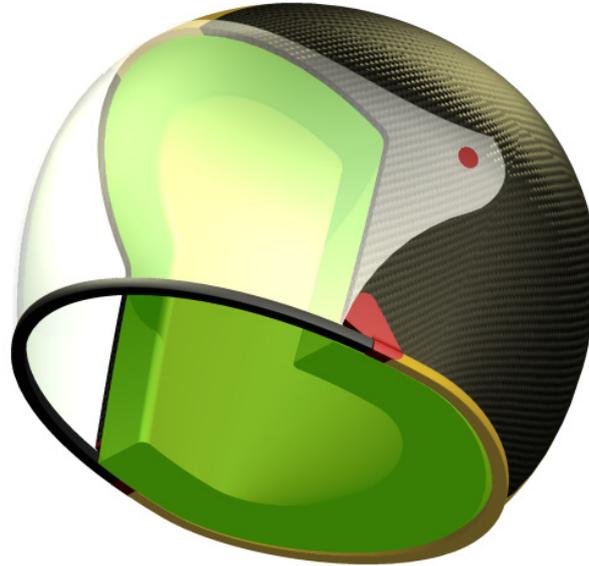


Ilustración 49 Vista inferior de un casco abierto. Los límites formales en los que deben funcionar los protectores son complejos.

6.3.5.1 Diseño conceptual

Aplicando las técnicas creativas ya mencionadas de analogías y asociación de palabras, la lista de conceptos que se han desarrollado para este caso y las asociaciones y analogías derivadas de ellos, se muestran en la siguiente Tabla 18. El orden en que se disponen los conceptos y las palabras, es cronológico según se fueron ideando:

Tabla 18 Ideas para los protectores

Concepto	Asociación- Analogía
----------	----------------------

Concepto

Asociación- Analogía

Plegable

- paraguas,
- antena,
- matroska
- catalejo,

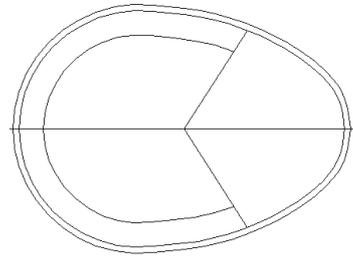


Fanghong. Creative Commons Genérica de Atribución/Compartir-Igual 3.0.

Casco

huevo-> perfil curvo

- círculo,
- elipse,
- spline,
- curva continua.



Encajar

- puzzle,
- apilar



Desplegable

-> inflable

- globo,
- bolsa



A su vez, todas las asociaciones y analogías se pueden relacionar con el resto de palabras generadas dentro de cada grupo conceptual, dando como resultado

cadena que pueden formar ideas más complejas. Así, considerando cada uno de los conceptos como un elemento, se puede obtener una permutación como la siguiente:

Idea = catalejo + círculo + apilar + bolsa

Los resultados del apartado anterior, en los que se testaba una probeta que simulaba un casco integral ensayado según la norma, mostraban tres zonas claramente identificables en función de la distribución de tensiones sobre la pieza, lo que anticipa la posibilidad de que el sistema esté compuesto por varios subconjuntos o cuerpos. Teniendo presente los requisitos específicos a resolver, que existen bandas de baja tensión, y la cadena ideática anterior, se puede generar un diseño conceptual como el que se representa en la siguiente figura:

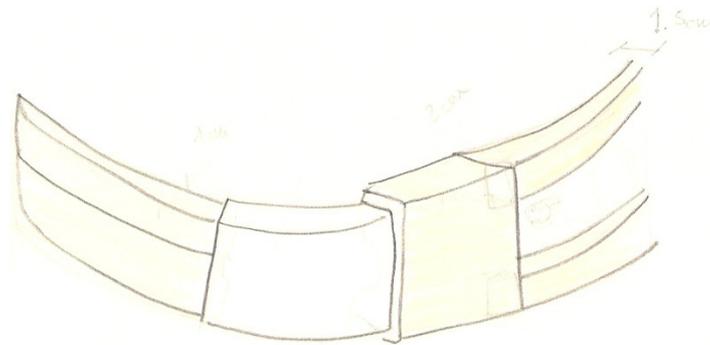


Ilustración 50 Diseño conceptual del sistema

El concepto mostrado se trata de cuatro cuerpos relacionados entre sí, que se disponen de tal forma que siguen un contorno curvado. Dos de estos cuerpos, los situados a la izquierda de boceto, tienen además la capacidad de replegarse uno dentro del otro, y a la vez ambos dentro de un tercero que se puede ver en la zona intermedia de la derecha, de forma parecida a los cuerpos plegables de un **catalejo**. En el extremo derecho se sitúa el cuarto cuerpo, formado por dos barras paralelas de refuerzo, que se disponen en la parte posterior del casco, también siguiendo su contorno. Simétricamente al plano longitudinal del casco, existe un conjunto igual, que se relaciona con éste mediante las barras de refuerzo.

En la posición de plegado, los cuerpos se encuentran situados dentro del casco abierto, **apilados** unos dentro de otros. Cuando ocurre un impacto, dos cuerpos salen súbitamente del lugar donde están alojados siguiendo una trayectoria **circular** compatible con sus superficies, transformándose en los protectores desplegables de la invención. El despliegue de los cuerpos se produce de forma parecida al inflado de

una **bolsa**, solo que en este caso se trata de una bolsa rígida compuesta por tres partes, algunas con huecos.

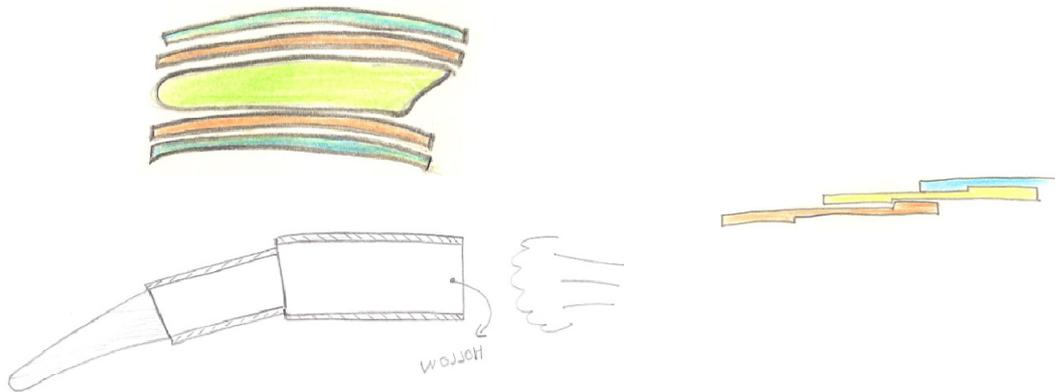


Ilustración 51 Diseño conceptual del sistema de despliegue

Como se ha podido comprobar, las palabras asociadas a los conceptos que formaban parte de la cadena ideática elegida, han servido para definir un diseño conceptual válido que resuelve equilibradamente las contradicciones planteadas inicialmente en la forma de requisitos específicos. Aunque es cierto que existen otras herramientas que de forma sistemática también sirven para la generación de ideas, como por ejemplo el método TRIZ, se ha preferido utilizar la asociación y las analogías por la flexibilidad creativa que permiten. Las otras técnicas sistemáticas suelen suponer el cumplimiento de procesos y reglas rígidas, debido precisamente a sus características metodológicas intrínsecas, lo que en ocasiones supone una limitación para los procesos mentales que conducen a la concepción de ideas creativas.

Por otra parte, la analogía de los protectores con una bolsa hace que la materialización de la realización preferida descrita inicialmente sea replanteada. En este sentido, se pasa de la propuesta originaria en la que hay unos medios de transmisión secundarios compuestos por un conjunto cilindro pistón, a fusionar esta función en los propios protectores, de forma que ahora son ellos los que se convierten en un pistón contenido dentro de un cilindro, formando todo parte del subsistema de protección. Los medios de transmisión siguen transfiriendo la variable de impacto desde el sistema sensorial al sistema de impulsión, y se incluyen en la descripción del primero de ellos.

La propuesta conceptual por tanto se puede resumir en los siguientes componentes resistentes:

Protector B: es la parte del sistema que se sitúa en el extremo frontal del casco, formando parte del conjunto de protectores. Este protector, en la posición de plegado, se sitúa dentro del protector A. Puede ser hueco, o ser macizo. El protector B puede llegar a contactar con el protector B de la otra parte simétrica del casco en la posición de despliegue total, formando un bloque similar al de un casco integral de motociclismo. Igualmente puede ser un extremo libre del sistema, sin contacto con el otro protector B, y con al menos tres grados de libertad en su extremo. Su perfil es curvo y sigue una directriz circular.

Protector A: es parte del conjunto de protectores que se despliegan en un evento de impacto. En la posición de plegado del sistema, aloja en su interior al protector B, y a su vez se encuentra alojado en el interior de la caja. Este protector debe ser hueco, para alojar en su interior al protector B. Su perfil interno y externo es curvo y sigue una directriz circular, compatible con la superficie y la trayectoria de despliegue del protector B y con la caja.

Caja: la caja se encuentra en el interior de la carcasa del casco, y su función es contener a los protectores A y B en su interior cuando están en la posición de plegado. La caja por lo tanto debe ser igualmente hueca, para alojar en su interior a los protectores A y B. Su perfil interno es curvo y sigue una directriz circular, compatible con la superficie y la trayectoria de despliegue del protector B y del protector A. El perfil externo de la caja debe adaptarse a la forma de la carcasa del casco en la zona lateral y ser compatible con las barras de refuerzo.

Barras de refuerzo: las barras de refuerzo se sitúan en la parte posterior del casco, y su forma debe seguir el contorno superficial de la carcasa en esa zona. Las barras continúan por la parte posterior, formando un semianillo que se une en sus extremos a ambas cajas laterales del casco que alojan los protectores. Las barras pueden ser huecas o macizas.

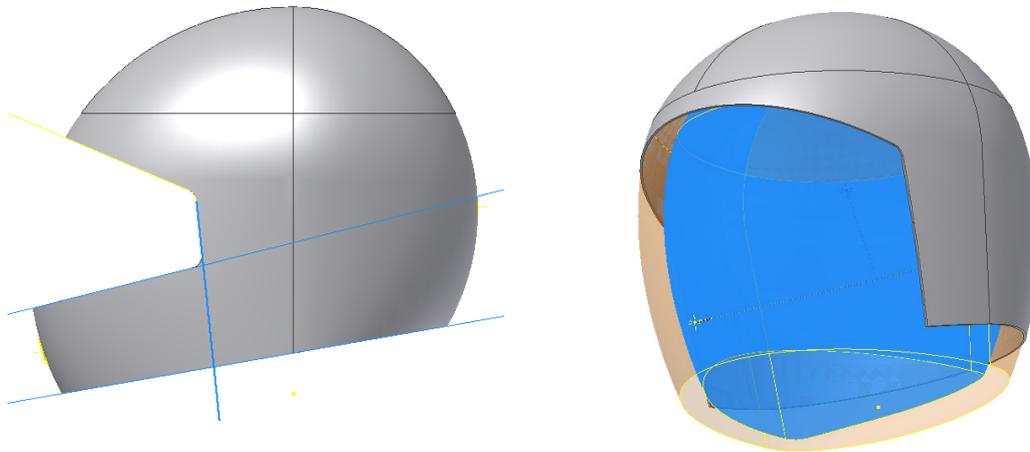
6.3.5.2 Límites formales del modelo

Hasta ahora, mediante las técnicas mostradas en el apartado anterior, se ha concebido un boceto del sistema, estimando el número de partes fundamentales que lo componen, sus funciones y algunas restricciones de forma en cuanto a sus superficies. Sin embargo, aún queda por determinar los límites dimensionales que debe tener cada componente, entre los que se encuentran sus espesores, longitudes, anchuras, alturas y su forma final, al menos de una manera muy cercana al diseño definitivo, para ser ensayada en el laboratorio virtual mediante el AEF. Todas estas

particularizaciones, se resumen en el primer diseño de detalle que se propone a lo largo de los siguientes apartados.

Como ya se había definido en las condiciones de contorno señaladas en la implementación del laboratorio virtual y en el ensayo del casco integral, la altura que debe ocupar el sistema con los componentes resistentes (protectores, caja y barras de refuerzo) es variable y se dispone entre dos planos que convergen en una línea. Uno de esos planos, pasa por la parte inferior del casco y el otro pasa por el límite superior de una mentonera ficticia dispuesta en el caso de que el casco fuese integral. La geometría y la posición de esta línea curva por la que pasa este plano se definen en la norma de referencia, para asegurar unas condiciones mínimas en la visión periférica de un usuario.

Otro plano que define el sistema, es el que pasa por los límites laterales del casco abierto y que excluye a la mentonera ficticia. Los dos espacios que define este plano marcan las zonas límite de funcionamiento del dispositivo, circunscribiendo alcance de los protectores desplegados desde ese plano hasta la parte frontal, y por lo tanto las dimensiones de la caja que los contiene y de las barras de refuerzo que se encuentran posteriormente en el interior del casco abierto.



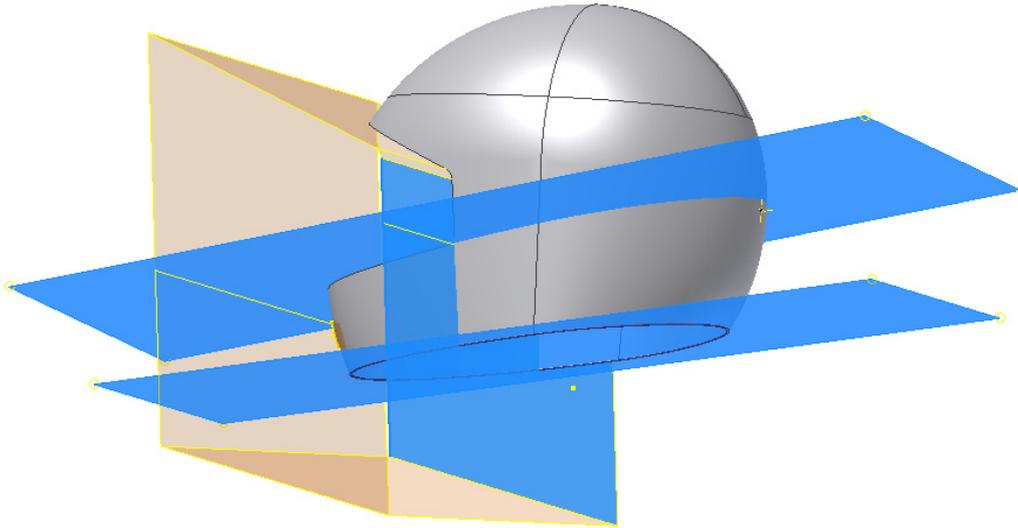


Ilustración 52 Planos y superficies límite del sistema

La superficie que conforman las caras internas de la carcasa o calota y el visor supone otro límite dimensional para el sistema. Manteniendo la forma externa del casco, se consigue cumplir con los requisitos de proyecto, de tal forma que el dispositivo de protección no interfiera en las características estéticas del producto, haciéndolo parecer un casco muy similar a cualquier otro de tipo abierto que se pueda encontrar en el mercado. Esta cuestión no es trivial, pues como se ha visto, en ciertas aplicaciones como por ejemplo el motociclismo, el aspecto visual del casco de es un criterio determinante en la decisión de compra por parte del usuario. Otra ventaja que también se desprende del criterio anterior, es que manteniendo las características de la calota estándar, el sistema diseñado se puede empotrar de forma muy sencilla como un componente adicional en el proceso productivo de cascos que ya están en el mercado.

La última superficie que limita las dimensiones del sistema de protección, es la que se forma a partir del espacio de confort necesario para alojar la cabeza del usuario. En los cascos de motociclismo, la superficie interior queda delimitada por el relleno de confort o almohadillas, que son los componentes blandos, normalmente de espuma cubierta por tela, sobre los que se recoge la cabeza del piloto, estando en contacto con ella durante la marcha. Su función no es otra que aportar comodidad, disipar el calor, absorber el sudor y proporcionar una textura de contacto suave con la piel del usuario. Continuando hacia el exterior, entre las almohadillas y la carcasa externa, se suele situar un relleno de protección, que normalmente se materializa con EPS dispuesto en una o varias capas con distintas densidades.

Analizando varios modelos reales de casco, se ha comprobado que el espesor total de las almohadillas suele ser similar en todos los casos, y se sitúa entre 2 cm y 3 cm para las almohadillas carrilleras y entre 0.5 cm y 1 cm para el resto de almohadillas dispuestas cubriendo el cráneo. Sin embargo, para el relleno de protección, la variación de los espesores es muy dispar, y va desde 1 cm para los cascos de alta gama, hasta los 4 cm para el resto de modelos.

A la izquierda de la siguiente figura se muestra un modelo de casco de alta gama, con un espesor para el relleno de protección de alrededor de 1 cm. La almohadilla carrillera se sitúa sobre el relleno de protección, ocupando un espacio mayor. A la derecha, se puede ver un modelo de casco estándar con un espesor del relleno de protección de unos 4 cm. Las almohadillas carrilleras aparecen desmontadas pero se puede percibir que aportan espesor adicional al conjunto de unos 3 cm.



Ilustración 53 Espesor del relleno de protección en dos modelos de casco.

Para la determinación del espacio entre la superficie exterior e interior que demarca los límites del sistema, se han usado los criterios anteriores, estableciendo una dimensión de 3 cm como máximo. De esta forma, se mantiene al menos 1 cm adicional de espacio hasta llegar a los 4 cm, para instalar un relleno de protección con espesor mínimo de 1 cm, con lo que se consigue un casco de apariencia y funcionalidad parecida a la de muchos modelos disponibles en el mercado.

6.3.5.3 Propuesta de prototipo

Una vez conocidas las superficies límites de trabajo en la cual se deben circunscribir los protectores y el resto del sistema, se debe estimar el tamaño aproximado de los componentes y sus espesores. Como ya se comentó, para decidir el tamaño de los componentes se utilizan los planteamientos anteriores respecto a compatibilidad de

movimientos y formas, y los resultados del análisis de tensión que se obtuvieron en el ensayo del casco integral. Las bandas verticales de baja tensión que se pudieron observar en dicho ensayo, son las zonas más apropiadas para establecer las conexiones entre las distintas partes del sistema. También hay que considerar que los tamaños de los protectores A y B están íntimamente relacionados entre sí pues uno debe contener al otro, y ambos a su vez determinan el tamaño de la caja, que los acoge a ambos.

Respecto a la determinación de los espesores de los elementos, el ensayo con el casco integral permite esbozar una idea sobre las tensiones esperadas. Los resultados obtenidos a partir del ensayo sobre esa probeta, fabricada con el material seleccionado y con 1 cm de espesor, mostraban un rango de tensiones de Von Mises que no superaban los 500 MPa.

El comportamiento resistente del sistema, recuerda al de una viga curva de tipo cantiléver, con un extremo empotrado y el otro sometido a una carga puntual. La tensión máxima en este tipo de disposiciones estructurales suele ser debida al esfuerzo por momentos flectores, que predomina sustancialmente frente al esfuerzo cortante y el esfuerzo normal. De forma muy generalista, las tensiones inducidas en un elemento estructural sometido a flexión dependen directamente de la distancia de la fibra más traccionada a la fibra neutra e inversamente del momento de inercia I_r de la sección. Dicho de forma más intuitiva, la tensión sobre un infinitésimo de un medio continuo, depende de la cantidad de material que existe en la sección y muy relevantemente de la distancia a la que se dispone ese material respecto al eje neutro de flexión.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede asegurar que, aun reduciendo el área transversal de algunos de los componentes respecto al modelo de casco integral debido a que funcionalmente deben ser huecos, como la caja o el protector A, esta reducción se compensa con creces disponiendo el material de su sección más alejadamente del eje de flexión, que el caso de la probeta ensayada se sitúa aproximadamente en la dirección coincidente con la de la altura de la misma. Así pues se toma como punto de partida una anchura del protector B de 1 cm, que es similar a la anchura de la probeta ensayada en el caso del casco integral, y una anchura para la caja de 2 cm, dejando el espacio que aún queda hasta los 3 cm disponible para realizar ajustes de compatibilidad que aseguren el despliegue correcto de ambos protectores.

Con la estimación anterior, se pueden deducir los espesores medios de partida para todas las piezas:

Protector B: es una pieza maciza con una anchura de aproximadamente 10 mm.

Protector A: es una pieza hueca con un espesor de pared de aproximadamente $e = 2.5$ mm y una anchura en torno a 15 mm

Caja: es una pieza hueca con un espesor de pared de aproximadamente $e = 2.5$ mm y una anchura de entre 20 mm y 30 mm.

Barras de refuerzo: son piezas macizas, con una anchura de unos 20 mm

La definición de las piezas como huecas o macizas, es una característica relevante respecto al tipo de material apropiado para su ejecución y para su proceso de fabricación. Así por ejemplo, una pieza hueca se puede hacer con materiales multilaminares como los *composites*, y una pieza maciza de cierto espesor es más recomendable hacerla por procesos de deformación o de arranque de material, muy utilizados con metales.

Para asegurar el engarce de las piezas durante el despliegue, además de las holguras, el modelo debe tener en cuenta algún sistema de conexión como pueden ser pequeños resaltes en las zonas de unión que impidan el rebasamiento por impulso de los protectores fuera de los límites del sistema. Estos engarces afectan a los espesores definitivos de las piezas y a los espacios necesarios en el interior de la caja, pues ésta, además de alojar a ambos protectores en toda la longitud que queda a la vista, debe disponer de un hueco adicional para contener las partes de los protectores que se utilizan para la conexión entre ellos y entre al caja.

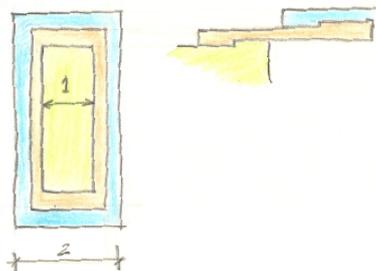


Ilustración 54 Boceto de anchuras, espesores, y sistema de engarce

La longitud de cada uno de los componentes se debe ajustar a partir de la geometría de la envolvente del casco y del campo de tensiones ya calculado en el primer experimento. La siguiente figura muestra una perspectiva de un paso intermedio en el proceso de construcción de este primer prototipo. En dicha figura se puede ver que se

ha tenido en cuenta una trayectoria circular común para el despliegue de los protectores, que también determina la forma final de la parte de la caja orientada hacia el interior del casco. La zona externa de la caja, está definida por la superficie límite exterior. En rosa aparecen las líneas que demarcan los límites de anchura del sistema en la posición de plegado, y que siguen la forma sinuosa de la superficie de la carcasa del casco. En la figura también se pueden ver los 6 planos de trabajo que delimitan la longitud de los protectores y de la caja y que comparten una charnela común. El plano situado más a la derecha, marca el espacio adicional que se ampliar en la caja para acoger las conexiones, que aún no aparecen representadas. Como se puede ver, el protector B es más corto que el protector A. Esto es debido a que, por las particularidades geométricas del casco, el protector A puede ser largo y aun así compatible por una parte con una trayectoria circular de despliegue que se prolonga en la caja y por otra con los límites de las bandas de tensiones y de la superficie límite externa. El protector B, sin embargo debe ser más corto para cumplir con estos requisitos. Las barras de refuerzo tampoco están representadas.

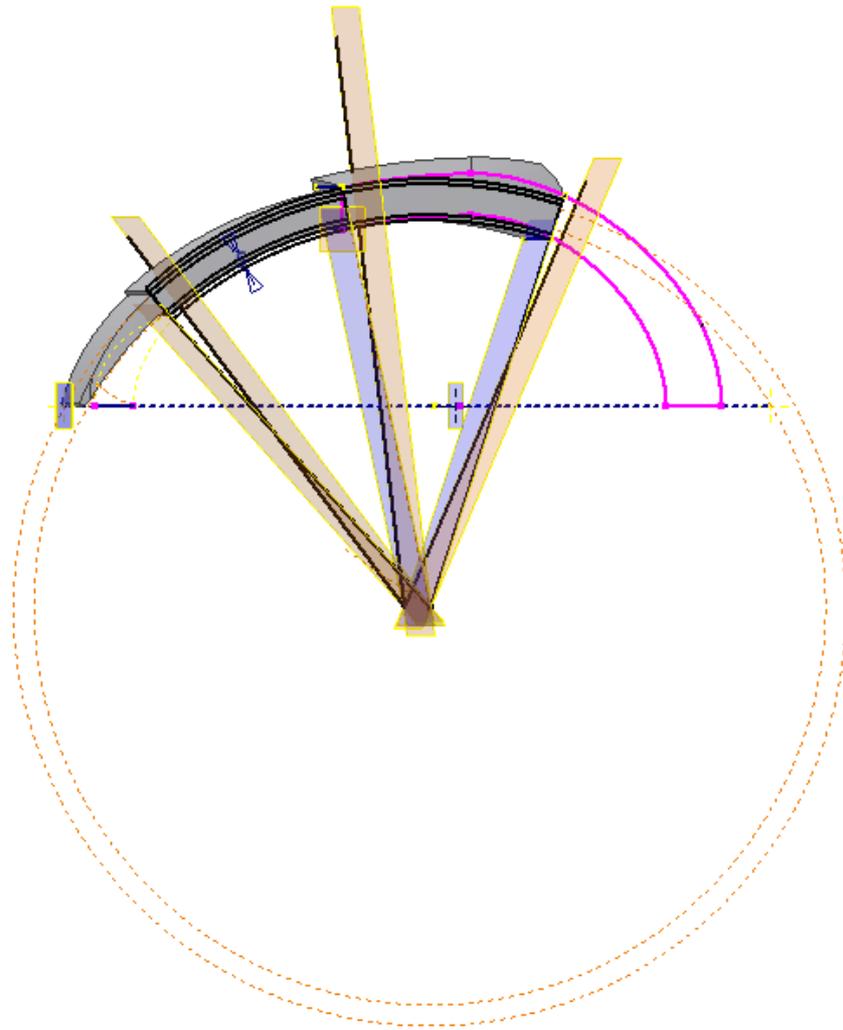


Ilustración 55 Construcción del modelo – prototipo. Vista inferior.

El diseño final del protector B necesita un pequeño rebaje en la parte inferior, para que el ajuste con el visor del casco sea perfecto.

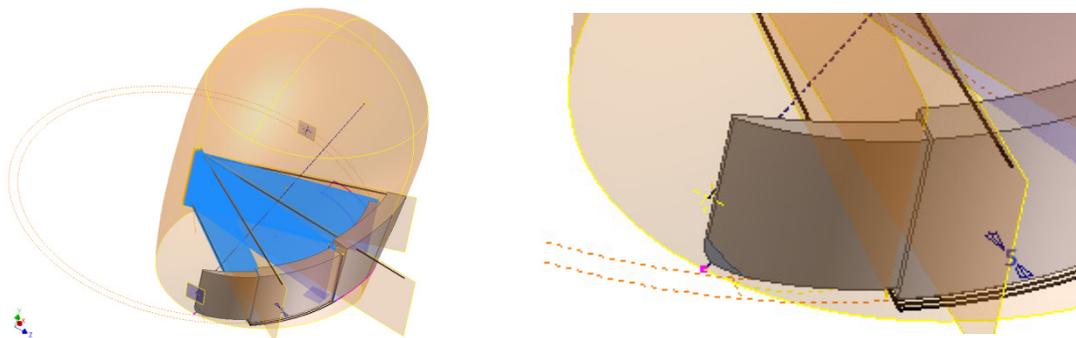


Ilustración 56 Construcción del prototipo y detalle del protector B

El resultado del proceso de diseño de cada uno de los componentes que conforman el prototipo y su descripción se desarrollan a continuación.

Protector B: el protector B, situado en el extremo del sistema, es una pequeña pieza maciza de 1 cm de anchura máxima, con sus superficies laterales curvas, siguiendo la cara interna el perfil de un cilindro, que la hacen compatible con la trayectoria de despliegue desde la posición que ocupa dentro del protector A y de la caja, previa a un evento de colisión. Como se ha comentado, este protector tiene un pequeño rebaje en la esquina inferior externa, para que se pueda ajustar al límite superficial impuesto por el visor. En el otro extremo del componente, se disponen los sistemas de conexión que le impiden salir despedido en el proceso de despliegue. Este sistema de conexión se materializa mediante dos resaltes, uno en la cara superior y otro en la cara inferior, que se engarzan con otros resaltes relacionados situados en el interior hueco del protector A, en el que éste está alojado.

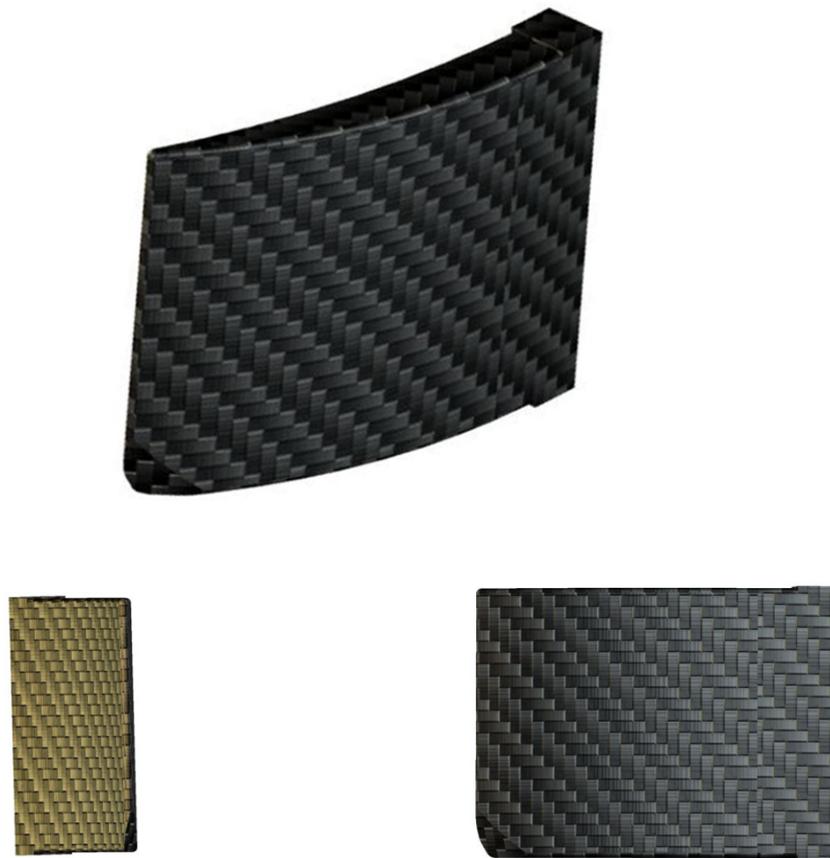


Ilustración 57 Protector B en prototipo. Perspectiva, frontal y perfil

Protector A: el protector A es una pieza hueca más larga que el protector B, de 1.5 cm de anchura máxima, con sus superficies laterales igualmente curvas siguiendo el perfil de un cilindro. El espesor de las paredes está en torno a los 2.5 mm. El engarce

con el protector B se hace gracias a unos resaltes internos situados en la zona superior e inferior del extremo más cercano al protector B. En el otro extremo se disponen otros dos resaltes en las caras exteriores superior e inferior, que lo relacionan con la caja e impiden que salga despedido de su interior. La caja dispone también de dos resaltes internos que engarzan con los de este protector.

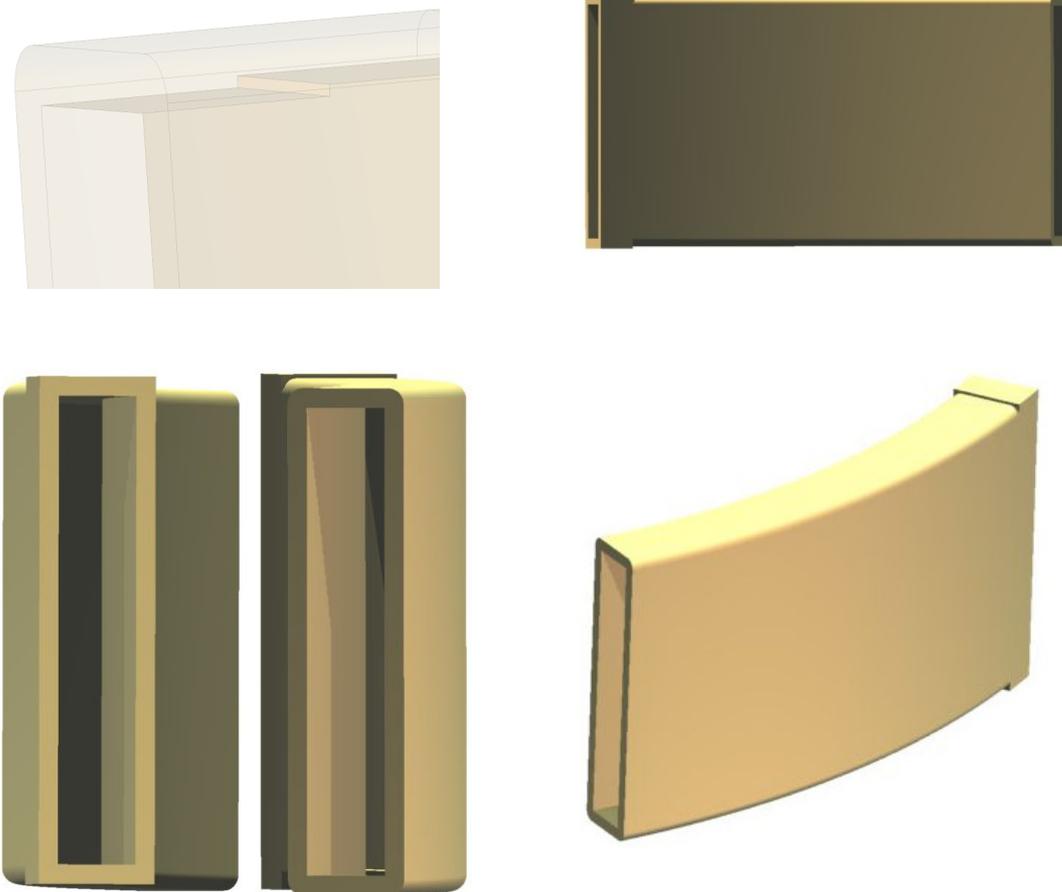


Ilustración 58 Protector A en prototipo. Detalle de resalte interno. Perfil, frontal y posterior, y perspectiva

Caja: la caja es otro componente hueco, que aloja en su interior a ambos protectores. Su longitud es la suficiente como para contener al protector A con el protector B en su interior.

Sus superficies laterales internas son curvas, siguiendo el perfil de un cilindro tal como ocurre con los protectores A y B. Esta forma permite la acción de despliegue de los mismos. Su perfil exterior es más complejo, pues una cara se debe adaptar a la carcasa del casco, mientras que la que está orientada hacia el interior debe ajustarse a la trayectoria curva de despliegue. El espesor mínimo de las paredes está en torno a los 2.5 mm y su anchura máxima es de 30mm, siendo de 20 mm en el extremo más cercano a la apertura de despliegue. En la zona próxima a la salida de los protectores,

también tiene resaltes en la cara hueca inferior y superior, que se engarzan con los de los del protector A, formando una conexión.

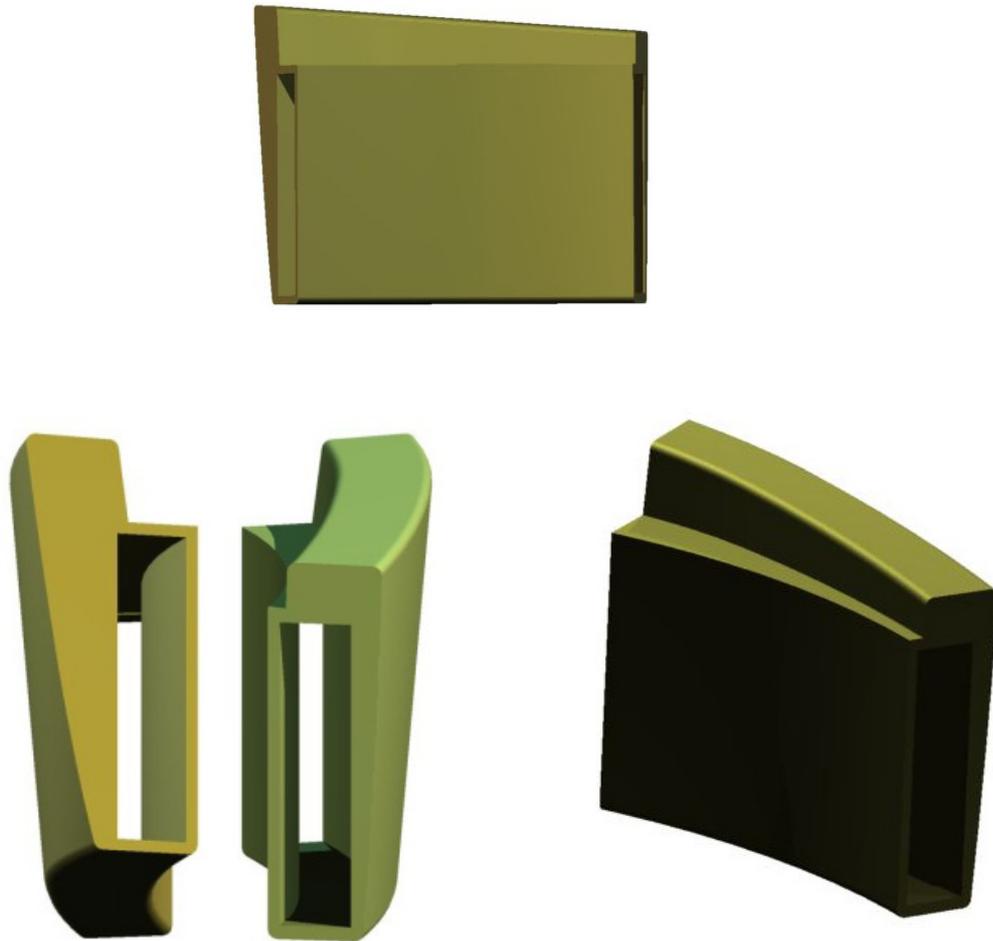


Ilustración 59 Caja en prototipo. Perfil, frontal y posterior, y perspectiva

Barras de refuerzo: las barras aportan rigidez al sistema y discurren por la parte posterior del casco, formando un semiarco. Para la construcción del prototipo y su ensayo, y tal como se ha definido en las condiciones de contorno generales y en las simplificaciones geométricas, solo se representa la mitad de las barras, divididas por el plano simétrico longitudinal del casco. En este prototipo, las barras son macizas con una anchura mínima de 20 mm. La superficie externa de las barras es una curva definida por el contorno de la carcasa y la interna es similar, salvo en la zona de conexión con la caja. Para dejar hueco a los medios de conexión entre protector A – protector B y protector A – caja, en el extremo de las barras dispone de un espacio al efecto que además sirve de conexión entre las barras y la caja. Este espacio se terminará de cerrar mediante los medios de producción de gas, que son los que impulsan a los protectores fuera de la caja. Por lo tanto, el acceso del gas al hueco se hace por la parte posterior de la caja

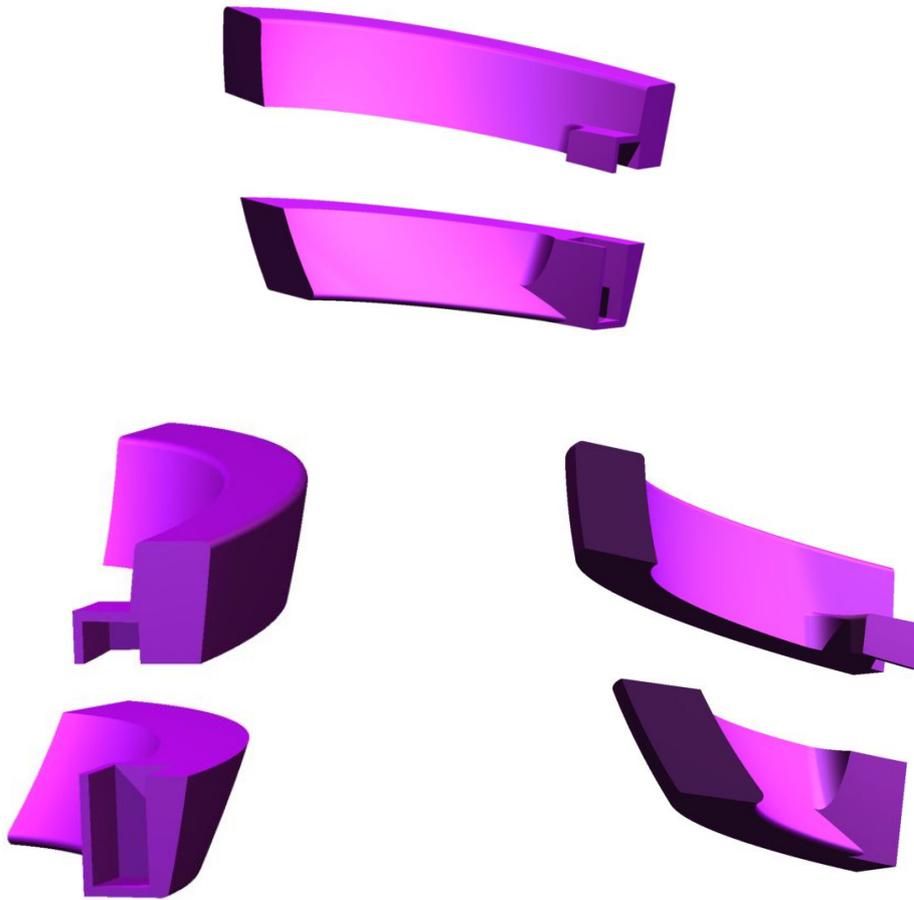


Ilustración 60 Barras de refuerzo (mitad). Perfil, frontal y perspectiva posterior.

Prototipo ensamblado: los componentes del prototipo ensamblado se circunscriben dentro de las superficies y planos límites definidos anteriormente, incluyendo la superficie externa que conforman la carcasa y el visor. Las siguientes figuras muestran varias vistas del ensamblaje y del prototipo obtenido. En la mayor parte de las figuras, solo se muestra una porción de las barras de refuerzo, que se corresponde a la modelización de la probeta susceptible de ensayo.

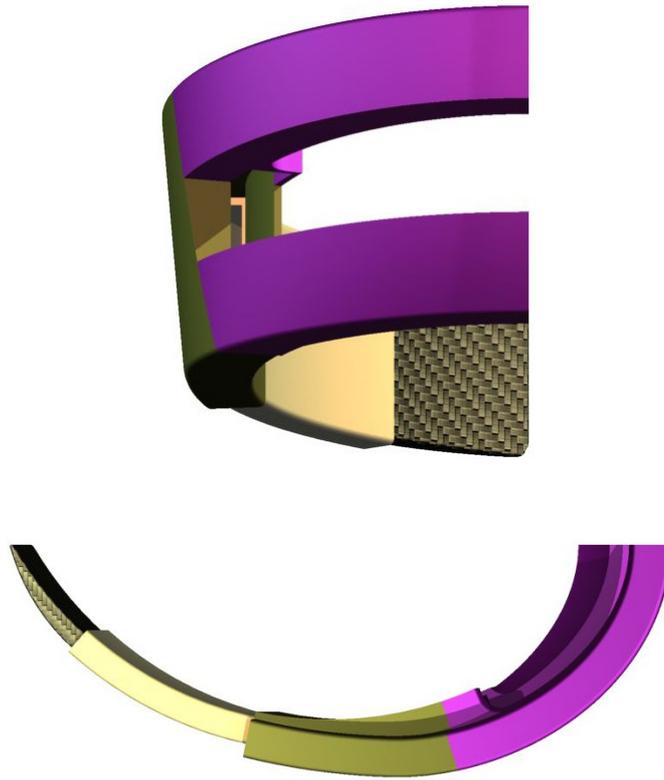
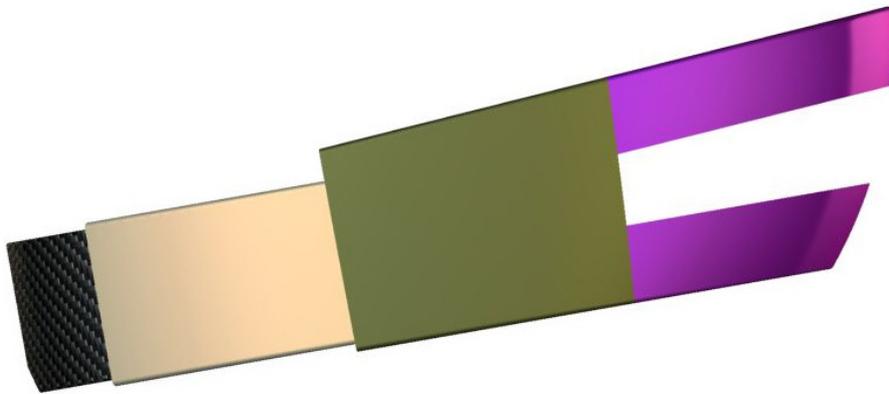


Ilustración 61 Vistas del prototipo - probeta de ensayo



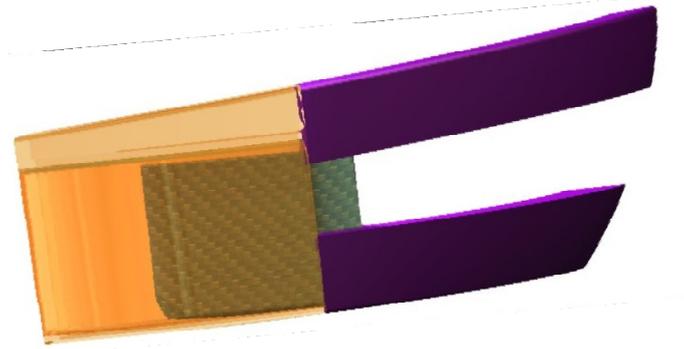


Ilustración 62 Perfil del prototipo - probeta de ensayo. Arriba, con los protectores desplegados y debajo con algunas partes translúcidas para verlos plegados.

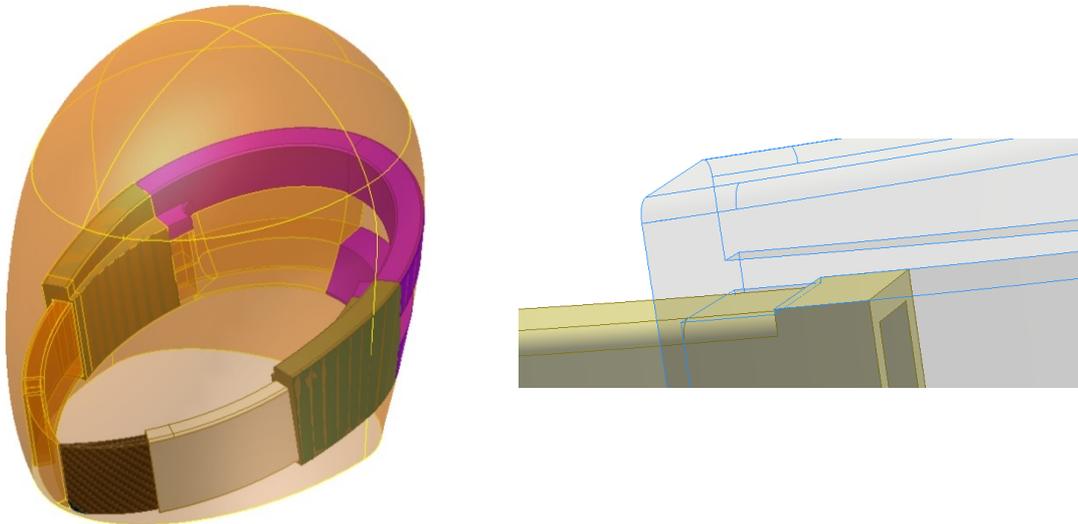


Ilustración 63 Prototipo casi al completo confinado dentro de la superficie límite externa. A la derecha, ejemplo de engarce mecánico entre el protector A y la caja

Una vez definido el primer prototipo, el siguiente paso es ensayarlo para comprobar su viabilidad y definir los materiales más apropiados para cada uno de los componentes. Este primer ensayo permitirá estudiar los puntos críticos del diseño e idear mejoras que lo optimicen teniendo en cuenta aspectos geométricos, de funcionamiento e incluso de fabricación.

6.3.5.4 Ensayo y resultados del prototipo

El ensayo del primer prototipo sigue los preceptos de los ensayos anteriores. Se trata de evaluar las tensiones y desplazamientos máximos del modelo diseñado para las condiciones de contorno y de carga establecidas, así como de comprobar que están

dentro de los rangos admisibles, teniendo en cuenta la capacidad de los materiales y las condiciones de servicio.

6.3.5.4.1 Condiciones de contorno particulares en el AEF

Las condiciones de contorno de este experimento siguen las indicaciones ya descritas para el método general y para el ensayo sobre el casco integral respecto a las simplificaciones formales, y el vector de fuerza de impacto sobre la probeta.

Sin embargo, en este ensayo se debe tener en cuenta una consideración distinta a la que se propuso en el ensayo del casco integral, en relación a la vinculación de la zona frontal que protege la zona mandibular. En el caso del caso integral, se simuló el comportamiento monobloque del mismo mediante la introducción de una guía virtual que restringía el movimiento perpendicular de la mentonera respecto al plano simétrico longitudinal.

Aunque la opción sí se ha planteado como una posibilidad en la fase de creación del boceto, en el prototipo diseñado no se han realizado conexiones apropiadas para el posible engarce mecánico en el extremo libre de los dos protectores B, una vez que éstos se han desplegado. La existencia de un engarce mecánico en el extremo de los protectores B, supondría la formación de una estructura mucho más sólida desde el punto de vista resistente, similar a un anillo cerrado, con una capacidad de absorción de impactos sustancialmente mayor que en el caso de que este engarce no exista. El prototipo diseñado sin embargo sí posibilita que los protectores tipo B entren en contacto tras su despliegue. Esta consideración, que también es muy favorable para la resistencia del dispositivo, no se tiene en cuenta en la simulación. En el ensayo se va a probar el prototipo con unas condiciones de contorno extremadamente desfavorables, que pasan por considerar los extremos de los protectores tipo B libres, sin el posible apoyo mutuo que les podría proporcionar una colaboración resistente. La disposición de los elementos por lo tanto, se asimila más a una viga curvada en voladizo con una carga puntual en el extremo. Así pues, de cara a la realización de este ensayo, el extremo libre del protector B no se restringe con ningún tipo de mecanismo virtual, manteniendo todos sus grados de libertad.

En el extremo en el que se sitúan las barras, que están seccionadas por el plano simétrico longitudinal, se vinculan mediante un empotramiento rígido, en base a las justificaciones descritas en los otros ensayos.

Relacionado con lo anterior, para esta prueba se plantea una situación de carga pésima, que no considera las ventajas que podría proporcionar el contacto de los extremos de los protectores tipo B. En caso de contacto, la carga total aplicada a cada semiparte simétrica del dispositivo podría reducirse hasta un 50% al repartirse entre los dos conjuntos de piezas. Para este ensayo, se va a considerar que toda la fuerza de impacto es asumida por uno de los sistemas de protectores, una situación que, aunque no se refleja en el ensayo definido en la norma de referencia, podría darse en el caso de sufrir un accidente con impacto fronto-lateral.



Ilustración 64 Modelo del prototipo, empotrado en su extremo posterior, con toda la carga aplicada en el extremo frontal

También Se han tenido en cuenta los contactos entre los diferentes componentes, aunque se ha restringido su capacidad de movimiento relativo, asumiendo que o bien existe un engarce mecánico, como por ejemplo mediante pestañas, que impide que los protectores se replieguen hacia el interior una vez desplegados, o bien que los medios de impulsión son lo suficientemente intensos como para mantener los protectores desplegados ante la fuerza de impacto.

Los materiales de partida para cada uno de los módulos del sistema se han elegido en función de las características formales de las piezas, del análisis de tensiones resultante del ensayo anterior y de los criterios de selección proporcionados en los apartados iniciales de este capítulo tras los que se determinaron ciertas familias como las más adecuadas para la realización de los componentes. La selección definitiva de materiales se resume en las siguientes tablas, que muestran la definición de las características de resistencia más relevantes para cada uno de los materiales preseleccionados.

Caja y Barras de refuerzo:

En este prototipo, ambas piezas se fabrican con un titanio de perfil resistente bajo, aunque suficiente como para absorber las tensiones que se prevén en la prueba de impacto.

Tabla 19 Propiedades del titanio del prototipo

Nombre del material	Titanio	
General	Densidad de masa	4,51 g/cm ³
	Límite de elasticidad	275,6 MPa
	Resistencia máxima a tracción	344,5 MPa
Tensión	Módulo de Young	102,81 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,361 su
	Módulo cortante	37,77 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0,000000000086 su/c
	Conductividad térmica	16,44 W/(m K)
	Calor específico	502,44 J/(kg c)
Nombres de las piezas	Caja Barra de refuerzo superior Barra de refuerzo inferior	

El titanio es un material muy utilizado en componentes de ingeniería [71] ya que su capacidad de carga en relación a su peso es muy superior al de otros materiales como el aluminio o el acero, llegando incluso a un orden de magnitud en el límite elástico para las aleaciones de titanio beta, con $\sigma_y > 1200$ MPa.

El hecho de que sea un metal, hace que los procesos de fabricación de las piezas materializadas con él puedan muy variados, aunque conocidos y fácilmente adoptables por cualquier empresa de fabricación mecánica.

La forma de las barras de refuerzo inicialmente conduce a una propuesta de fabricación por deformación plástica, como por ejemplo procesos de forja a partir de un largo base en forma de redondo o cuadrado procedentes de laminación.

En el caso de la caja, que tiene formas complejas, parece conveniente elegir una estrategia de subdivisión de la pieza en dos componentes y utilizar en ellos procesos de arranque de material o mecanizado. Si se quiere evitar, otras posibilidades de fabricación a valorar de forma individual o en coexistencia con la anterior, pueden ser

el moldeo con sinterización a partir de polvos de titanio, o menos preferiblemente la forja.

Una característica adicional y relevante del titanio es que es un metal soldable, lo que por una parte permite aún más versatilidad en la fabricación de cada una de las piezas y por otra ofrece una solución simple a la conexión sólida entre la caja y las barras de refuerzo.

Protector A y Protector B:

Los protectores son los componentes en los que se prevén las mayores intensidades de tensiones. Para la fabricación de estas piezas se selecciona un *composite* isótropo multicapa, con un perfil resistente medio-alto. Este material compuesto está formado por varias capas con una matriz de resina de epoxi reforzada de fibra de vidrio de tipo E al 56 % en peso. La isotropía se debe asegurar mediante la disposición de las fibras orientadas en varias direcciones y preferiblemente entrelazándolas. Los compuestos de fibra de vidrio se conocen generalmente por sus siglas en inglés, como GFRP (*glass fiber reinforced polymer*)

Tabla 20 Propiedades del *composite* GFRP 56 % del prototipo

Nombre del material	GFRP E 56 %	
General	Densidad de masa	1,97 g/cm ³
	Límite de elasticidad	1028 MPa
	Resistencia máxima a tracción	1028 MPa
Tensión	Módulo de Young	42,8 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,28 su
	Módulo cortante	16,7188 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0,00000000857 su/c
	Conductividad térmica	0,299 W/(m K)
	Calor específico	1500 J/(kg c)
Nombres de las piezas	Protector A Protector B	

La los *composites* de fibra de vidrio son materiales que ofrecen como ventaja principal y al igual que el titanio, una altísima relación resistencia / peso, aunque en el caso de los compuestos de fibras, la reducción de peso es de más del doble respecto al titanio.

Dentro del grupo de los compuestos de fibras o *composites*, para un mismo peso, el nivel portante de una pieza puede aumentar exponencialmente dependiendo del tipo de fibra empleada (vidrio E, vidrio S, carbono, kevlar, aramida, etc.), la concentración de las mismas, y su disposición respecto a la carga. Todos estos aspectos repercuten en el coste de la pieza y su forma de fabricación y dependerán de los criterios de diseño impuestos y la responsabilidad estructural exigible para el componente.

En el caso de las piezas de interés, la fibra de vidrio parece una opción adecuada. Aunque es algo más pesada que la fibra de carbono, el ahorro que supone respecto a la utilización de esta última, que puede llegar a ser 10 veces más cara, lo compensa. Esta reducción de coste explica el hecho de que la fibra de vidrio sea uno de los materiales que ya se utilizan ampliamente en la fabricación de carcasas de cascos de motociclismo, dejando la fibra de carbono para los de gama superior o de competición.

Además, los niveles de tensión que se esperan en estas piezas son a priori asumibles por un *composite* de fibra de vidrio, aunque es cierto que deberá ser de perfil medio o alto, con un tipo de fibra E al 65 % en peso, y con ciertos niveles de calidad de fabricación que aseguren sus capacidades resistentes. Si se quiere mantener la forma de la pieza, y el *composite* preseleccionado no es suficiente para las solicitaciones impuestas, aún existe la posibilidad de combinar varias estrategias para la utilización de esta familia de materiales:

- Aumentar el % en peso hasta el 70 % de fibras tipo E.
- Utilizar fibra de vidrio tipo S, más ligera y sobre todo más resistente que la de tipo E, aunque más cara.
 - o σ E-Glass aprox. 2000 MPa
 - o σ S-Glass aprox. 4750 MPa
- Utilizar una fibra con mejores propiedades mecánicas como carbono, kevlar o aramida.

Por otra parte, la forma de las piezas permite que sean fabricadas mediante *composites* de manera que incluso se pueda semiautomatizar el proceso productivo planeando adecuadamente las estrategias de fabricación, lo cual repercute en una mejora de la calidad y una reducción de, entre otras variables, los costes de producción y los descartes de piezas defectuosas.

De forma muy resumida, la fabricación de *composites* supone la deposición de capas de fibras sobre matrices termoestables de epoxi alternativamente, tras lo cual se cura la pieza con presión y temperatura hasta que se endurece y adquiere su capacidad portante. La deposición multicapa es muy aplicable en las piezas de interés pues el protector B es una pieza maciza de espesor máximo de 1 cm, aunque va menguando a medida que se llega al extremo de la pieza hasta alcanzar unos pocos milímetros y el protector A es una pieza hueca de pocos milímetros de espesor y de forma muy uniforme a lo largo de toda su longitud. El hecho de que ambas piezas tengan espesor reducido, sean formalmente muy simples y además pequeñas las hacen encajar perfectamente en este tipo de métodos de fabricación. A lo anterior se suma que una de las caras en el caso del protector B y ambas en el caso del protector A, corresponden a una porción de un cilindro. Esto hace que para su fabricación se puedan disponer en bloques de series de piezas alrededor de esta figura geométrica e incluso faciliten la implementación de un proceso continuo de producción.

Las sugerencias de fabricación anteriores son poco definidas ya que aún se está en las fases iniciales de prototipado. La selección final de los procesos específicos de fabricación depende fuertemente del diseño formal de las piezas definitivas, del tamaño de la serie a producir y de las características particulares de los medios de producción con los que ya cuenta el fabricante, con el fin de evitar grandes inversiones adicionales en nuevos procesos productivos. Las sugerencias anteriores demuestran la viabilidad de los materiales preseleccionados en la fabricación de los componentes del sistema resistente.

6.3.5.4.2 Análisis de resultados

Tras introducir los datos relacionados con el modelo del prototipo, las condiciones de contorno y las cargas de trabajo en el software de simulación, se propone un mallado con un total de 11264 elementos y 21834 nodos dispuestos tal como se muestra en la siguiente figura.

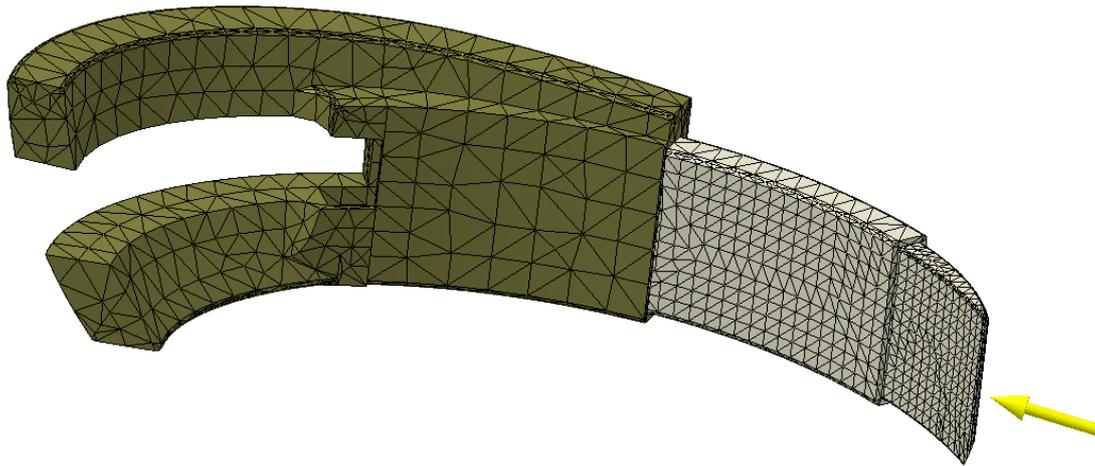


Ilustración 65 Distribución de elementos en el modelo de ensayo del prototipo

Como es lógico, la densidad de la malla es mucho mayor que en el caso del espécimen de casco integral al igual que la heterogeneidad en la distribución de los elementos ya que las formas son bastante más complejas. Esto hace que la convergencia de la solución sea más laboriosa aunque igualmente precisa.

El primer análisis de resultados que se realiza se relaciona con el coeficiente de seguridad en las distintas regiones de los componentes del sistema. El coeficiente de seguridad es la relación que existe entre la tensión del límite elástico del material y la tensión calculada de Von Mises de forma que, si el coeficiente de seguridad es positivo y mayor de 1, significa que la pieza construida con el material elegido es capaz de resistir las cargas impuestas en el ensayo de impacto sin adoptar plasticidad. Cuanto mayor es este coeficiente, más relajada está la pieza respecto a las cargas, resistiéndolas con mayor margen de seguridad frente al fallo por plastificación. Si el coeficiente de seguridad es menor de 1, significa que la pieza no es capaz de asumir la fuerza de impacto sin plastificar con lo que o bien se asume en el proyecto la posibilidad de deformaciones permanentes para la pieza, o bien debe ser rediseñada o fabricada con un material más apropiado. Un coeficiente de seguridad igual a 1, igualmente no es deseable ya que indica que la pieza está en el límite del fallo.

El criterio que se busca para los componentes en este experimento, es que deben ser capaces de resistir el ensayo sin colapsarse. Sin embargo, en un evento de impacto, y de cara al diseño definitivo, es perfectamente asumible que los protectores plastifiquen e incluso se fracturen y se rompan, siempre que sean capaces de disipar la mayor parte de la energía producida en la colisión. El resto de la energía deberá ser absorbida por el sistema de amortiguamiento, de forma que la desaceleración de cabeza del usuario esté dentro de los márgenes asumibles por el cuerpo humano.

Aun con todo, aunque la forma de fractura de los *composites* es dúctil, su alta rigidez hace que el periodo de ductilidad y las deformaciones pre fractura en un evento de carga sean mínimos, con lo que a efectos de este trabajo, sus tensiones de última fractura σ_u y de límite elástico σ_y se considerarán prácticamente iguales lo que hace que el coeficiente de seguridad asumible para el diseño de los mismos deba ser siempre mayor de 1. En el resto de componentes deberá ser igualmente superior a 1, aunque el hecho de que el titanio pueda plastificar antes de su rotura hace que el análisis en esas piezas sea menos crítico.

El segundo aspecto del análisis de resultados está relacionado con la deformación de los componentes antes la carga de impacto. Aunque una pieza resista estructuralmente un impacto sin llegar al límite elástico o a romperse, una deformación excesiva puede suponer una incapacitación definitiva. La deformación máxima que se produce en los componentes no debe superar los límites que define la superficie de control utilizada en el diseño del prototipo que se relaciona con el espacio de confort necesario para alojar la cabeza del usuario.

El examen del conjunto muestra que no todos los componentes diseñados soportan la carga impuesta tal como se había previsto inicialmente, superándose el coeficiente de seguridad mínimo en varios puntos. Los componentes críticos son los extremos de las barras cercanos a la caja, la caja y sobre todo el protector A.

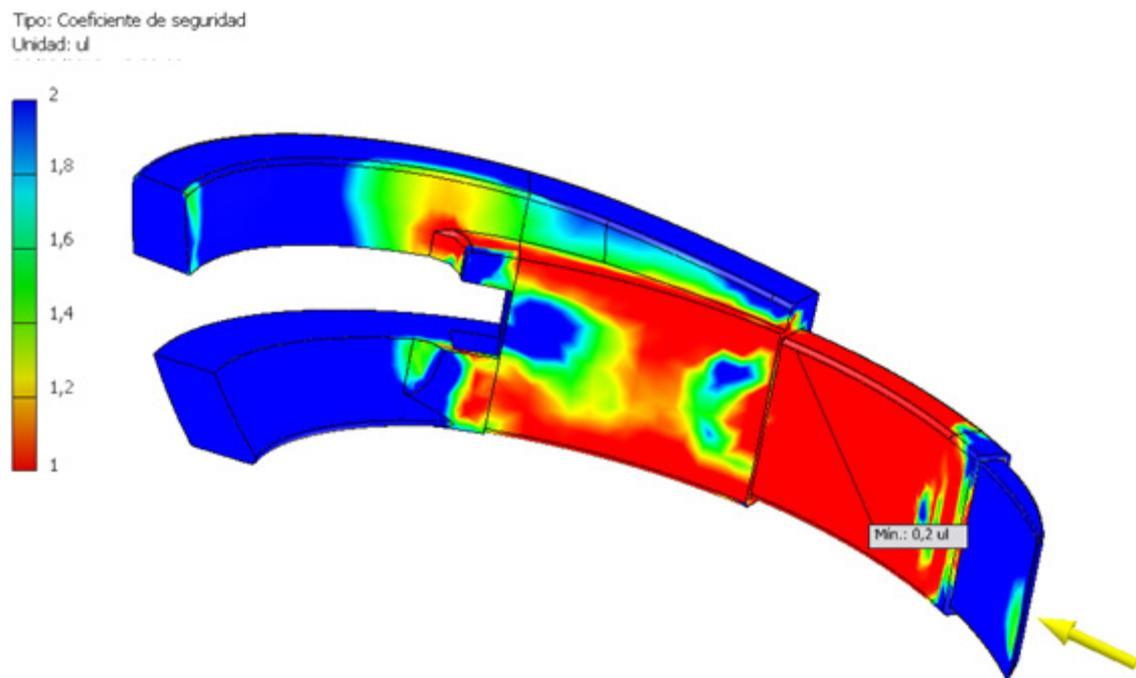


Ilustración 66 Coeficiente de seguridad en el prototipo. Cara interna

Tipo: Coeficiente de seguridad
Unidad: ul

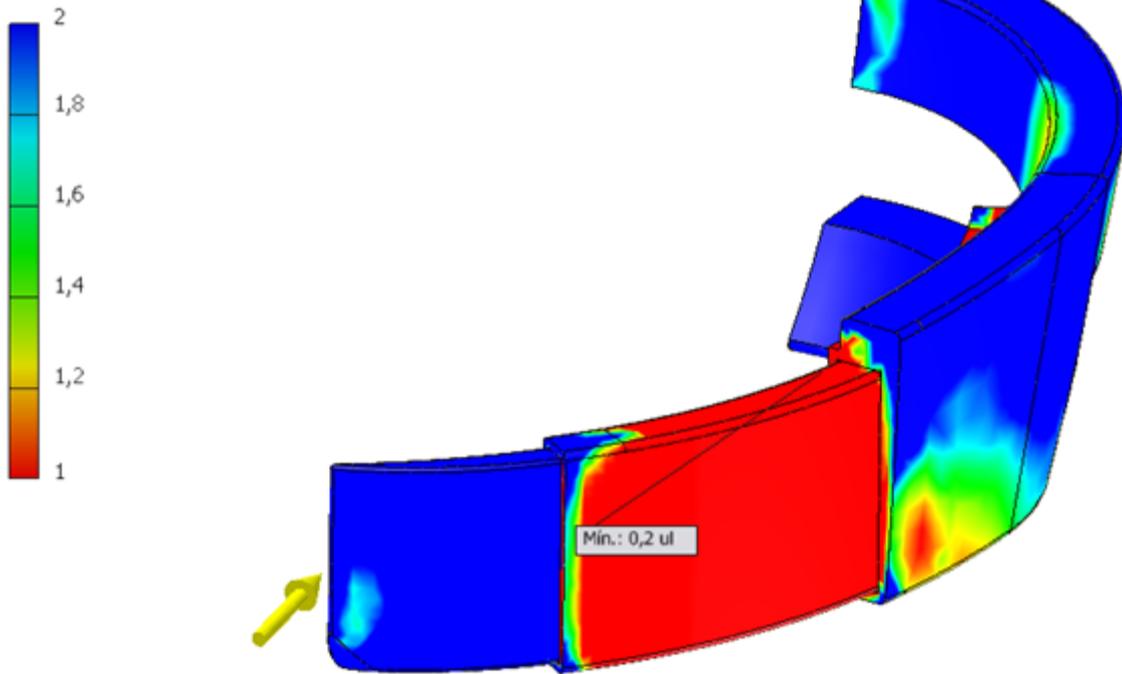


Ilustración 67 Coeficiente de seguridad en el prototipo. Cara externa

En cuanto a las deformaciones, asumiendo que el material no llega al límite de fallo y considerando únicamente sus características de rigidez, éstas son como máximo de 24 mm, un valor perfectamente asumible para el diseño.

Tipo: Desplazamiento
Unidad: mm

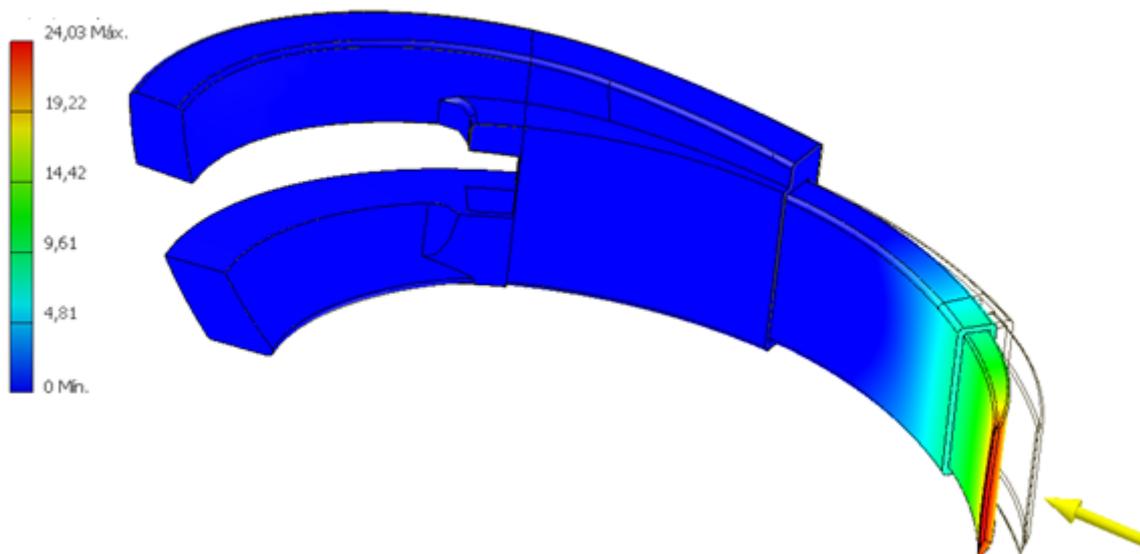
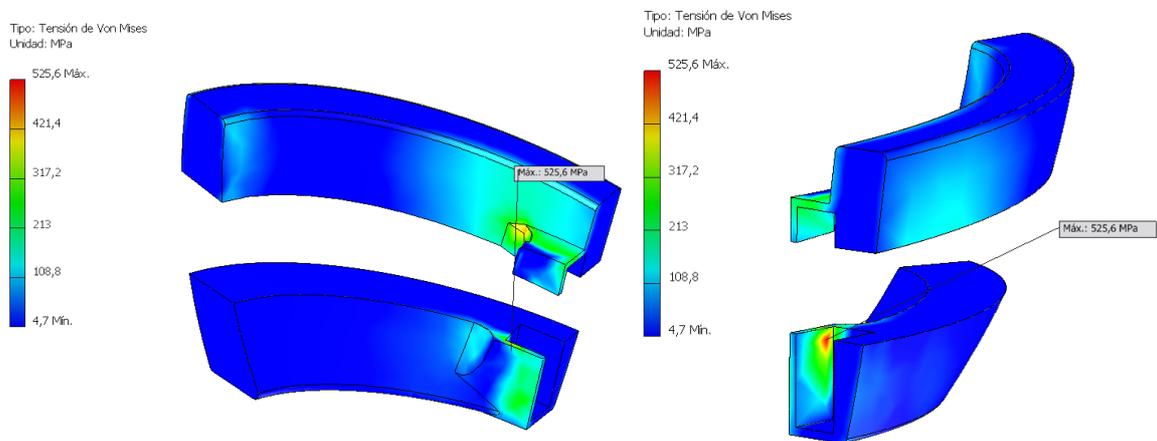


Ilustración 68 Desplazamientos máximos en el prototipo

La información obtenida en este primer análisis es muy valiosa desde el punto de vista del rediseño. Aunque la previsión de tensiones para las piezas haya sido algo optimista (menos de un 20 % superior a lo predicho), la distribución de las mismas y sus valores son fijos para las formas dadas aun variando los materiales de las piezas. Por lo tanto, son datos elementales para determinar las zonas donde se puede prescindir de material, así como para proponer materiales más adecuados para los componentes definitivos, que lógicamente deberán tener propiedades resistentes algo mayores que las de los materiales preseleccionados. El análisis tensional de cada componente por separado permite realizar una valoración pormenorizada para proponer las mejoras más apropiadas del sistema resistente de protección. Para la realización del análisis individual de cada pieza, se ha variado la escala de colores que muestra la distribución de tensiones en cada caso. De esta forma se puede apreciar mejor la distribución en áreas de las partes más cargadas de cada pieza. En todos los casos se señala la tensión máxima de Von Mises y su localización en el componente con una línea directriz recta.

Análisis de resultados en las barras de refuerzo

Las distribución de las tensiones de von Mises en las barras de refuerzo se muestran en la siguiente figura.



Ilustración 69 Tensiones de Von Mises en las barras de refuerzo. Prototipo

La tensión máxima calculada en las barras es de 525 MPa. Sin embargo, esta tensión máxima se encuentra concentrada en una zona muy específica del componente, que por su disposición y forma actúa como elemento concentrador de tensiones. Esta parte de la pieza corresponde al hueco destinado a alojar los elementos de conexión entre las diferentes partes del dispositivo cuando los protectores están replegados y es necesario que conserve la forma que lo relaciona con el resto del sistema. Una de las

opciones para evitar este tipo de puntas tensionales sin variar sustancialmente las proporciones del componente, es utilizar formas redondeadas, como por ejemplo chaflanes curvos en vez de esquinas vivas o ángulos agudos.

El resto de la pieza se encuentra con niveles de tensiones mucho más reducidos, con los valores más altos situados en los extremos de las barras, los cuales nunca superan los 300 MPa. A la vista de lo anterior, y antes de proponer un cambio de materiales, se pueden aportar dos optimizaciones respecto al sistema:

La primera, es desacoplar la zona de alojamiento de los medios de conexión desde el componente "barras de refuerzo" y ligarla al componente "caja". Como se ve en las figuras que muestran las tensiones en el conjunto del sistema, la caja es un elemento mucho más tensionado que las barras de refuerzo, con varias zonas con niveles de tensiones similares al máximo localizado de las barras. De esta forma, se homogeneizan campos tensionales similares en las diferentes piezas del sistema. Utilizar redondeos en la zona de tensión máxima también puede producir una reducción de tensiones que favorece a la pieza resultante.

La segunda optimización, y una vez aplicada la anterior, pasa por reducir la cantidad de material en las barras. Desligando la zona local de alta concentración de tensiones, se puede reducir el grosor de la pieza que ahora está sobredimensionada, lo que redundará en el peso y el coste final del conjunto. La reducción de material puede ser adelgazando en dos dimensiones el grosor de las barras o hacerlas huecas. En este caso se prefiere la segunda opción por varias razones. La primera, es para facilitar el montaje entre las barras y la caja y la disposición del conjunto en el interior del casco. La segunda es que al transformar las barras en piezas de pared delgada, las hace apropiadas para ser fabricadas mediante *composite* de fibras al igual que los protectores o incluso que la carcasa. Una reducción en los tipos de materiales empleados y en las operaciones de fabricación optimiza la utilización de recursos lo que repercute en el coste final.

Análisis de resultados en la caja

La tensión máxima en la caja es de 788 MPa y se sitúa en la zona de conexión con el protector A, tal como se puede ver en la siguiente figura.

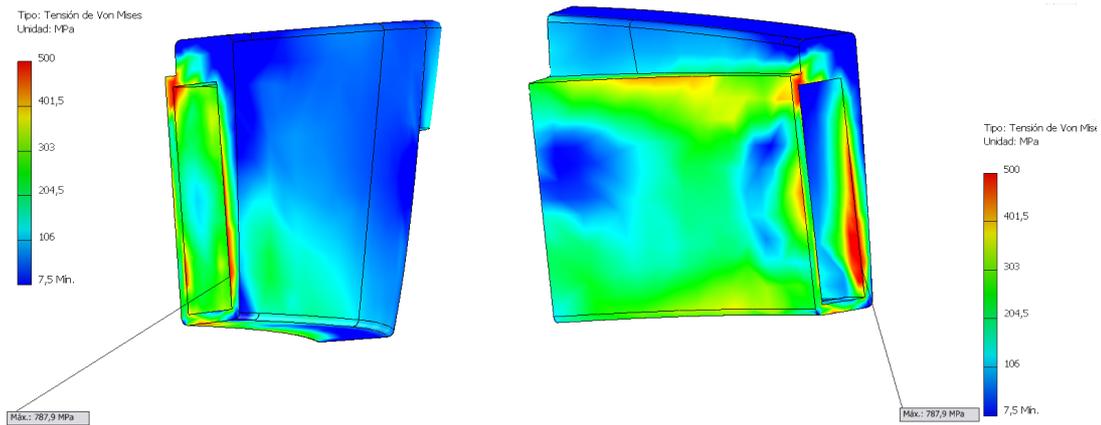


Ilustración 70 Tensiones de Von Mises en la caja. Prototipo

La localización de las zonas de altas tensiones en este componente se explica por los grandes esfuerzos que le transmite el protector A a través de la conexión que le une con la caja. Si se pretende mantener las características formales, las mejoras de diseño de este componente desde el punto de vista resistente solo pueden ir en la dirección de la propuesta de un material con características portantes adecuadas. Podría pensarse en la implementación de un redondeo en la esquina superior izquierda de la boca de salida del protector, pero la mejora esperada no resulta lo suficientemente grande como para considerarlo imprescindible.

Desde el punto de vista de fabricación, y para reducir las familias de materiales a utilizar en el sistema, se podría pensar en utilizar igualmente un *composite* de fibras para este componente. Para ello se pueden simplificar las formas en las zonas en las que la tensión es menos exigente, e incluso aplicar reducciones de material. La selección de material definitiva dependerá del análisis de tensiones y de deformaciones el conjunto.

Análisis de resultados en el protector A

En este primer prototipo, el protector A es el componente más solicitado de todos. La tensión máxima que se produce en esta pieza es de 1365 MPa y se sitúa en el canto de la componente, en la zona de compresión.

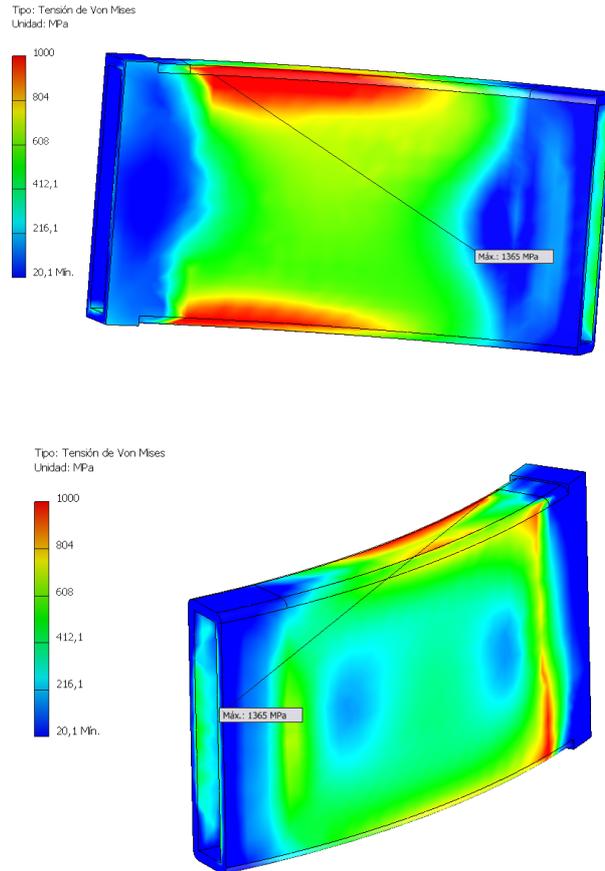


Ilustración 71 Tensiones de Von Mises en el protector A. Prototipo

Las zonas de mayor tensión están en los cantos superior e inferior del protector A, en la zona donde la pieza está más comprimida debido a la fuerza de impacto transmitida por el protector B. También existe una banda vertical de altas tensiones en el extremo más cercano a la caja, que se corresponde a los efectos de la conexión entre ambos componentes.

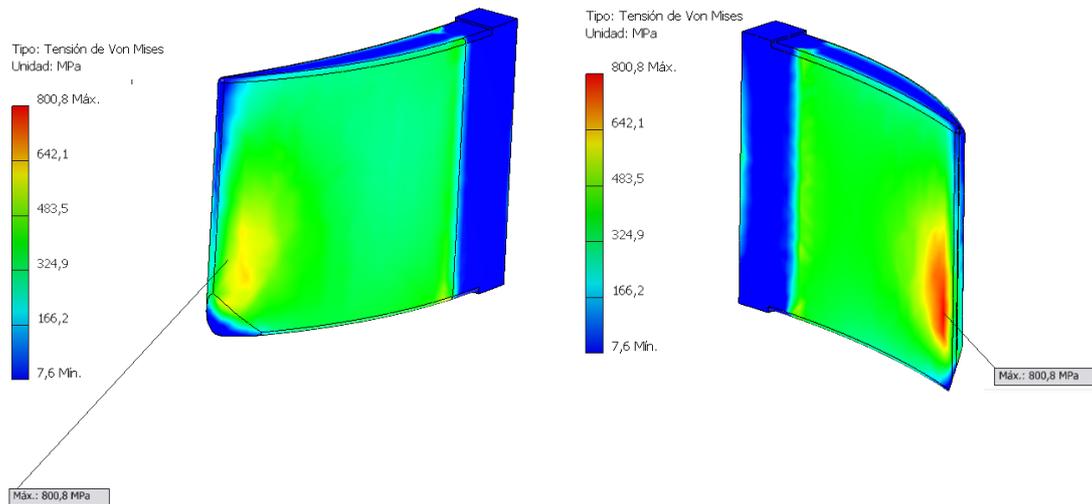
Para mejorar el comportamiento de la pieza sin una variación sustancial de la forma, se puede aumentar el espesor de las paredes superior e inferior. Aunque es probable que llevando a cabo esta propuesta se reduzca la tensión máxima alcanzada en el componente, no se va a aplicar esta variación de espesor por dos motivos. El primero, es que este aumento de espesor repercute en la altura máxima del protector B, que está contenido dentro este protector y además debe desplegarse según el hueco que le deja disponible. Es más seguro y por tanto preferible, que la superficie frontal que cubre el protector B sea la máxima posible ante un evento de impacto. El segundo motivo es que el valor de las tensiones que se producen en las otras zonas del componente no es tan heterogéneo como para propiciar un salto significativo en la elección de un material con propiedades mecánicas más reducidas. La elección de

un material con propiedades más ajustadas, haría que el valor del coeficiente de seguridad fuese disminuido de forma temeraria.

Una alternativa al aumento del espesor de las paredes de la pieza es hacer pequeñas variaciones formales de manera localizada, que distribuyan el material de forma más eficiente respecto a las tensiones. Así por ejemplo, una arista viva que se redondea permite reducir la concentración de tensiones.

Análisis de resultados en el protector B

El rango de las tensiones en el protector B no es tan elevado como en el caso del protector A, aunque siguen siendo valores mucho más altos que en el caso de la caja y desde luego que en las barras. La tensión máxima se produce en la zona de impacto de la carga, en el extremo libre del componente, y tiene un valor de 801 MPa.



Ilustración 72 Tensiones de Von Mises en el protector B. Prototipo

Tal como se esperaba, la zona de mayores tensiones se concentra alrededor del punto de aplicación de la fuerza de impacto aunque este hecho también se debe en gran medida a la reducción del espesor de la pieza en esa parte, al efecto de ajustarla a la superficie límite impuesta por el visor del casco.

Como perfeccionamiento de esta pieza se puede pensar en reducir material en el extremo más cercano al protector A, haciendo un hueco. Esta modificación no se aplicará al diseño definitivo debido a que los medios de impulson necesitan de una superficie adecuada para ejercer la fuerza de despliegue sobre los protectores.

El análisis de tensiones anterior ha proporcionado una serie de directrices útiles para el rediseño del sistema y hacerlo más óptimo desde el punto de vista resistente y

funcional. Las piezas resultantes de estas modificaciones se muestran en el siguiente apartado donde se describen los componentes definitivos del sistema resistente a la vez que se ensayan en el laboratorio virtual.

6.3.5.5 Rediseño del prototipo y propuesta definitiva

Para la obtención de la propuesta definitiva se han realizado múltiples experimentos con varias propuestas intermedias, en las cuales se han ido probando modificaciones tanto de materiales como de forma, con un objetivo de diseño que, asegurando la resistencia y minimizando las deformaciones, proporcionara unos componentes optimizados.

Otro objetivo principal es minimizar el peso del sistema. Los diferentes prototipos intermedios han ido reduciendo su peso sin menoscabo de las propiedades físicas y funcionales, a través de la utilización de materiales más apropiados y del aligeramiento de las distintas piezas. Las características del prototipo inicial suponen una masa de 1.51611 Kg, lo cual es prácticamente inasumible teniendo en cuenta que se trata tan solo de la masa de una mitad parcial del sistema resistente al cual además se le deben incorporar otros sistemas como el de impulsión o el sensorial.

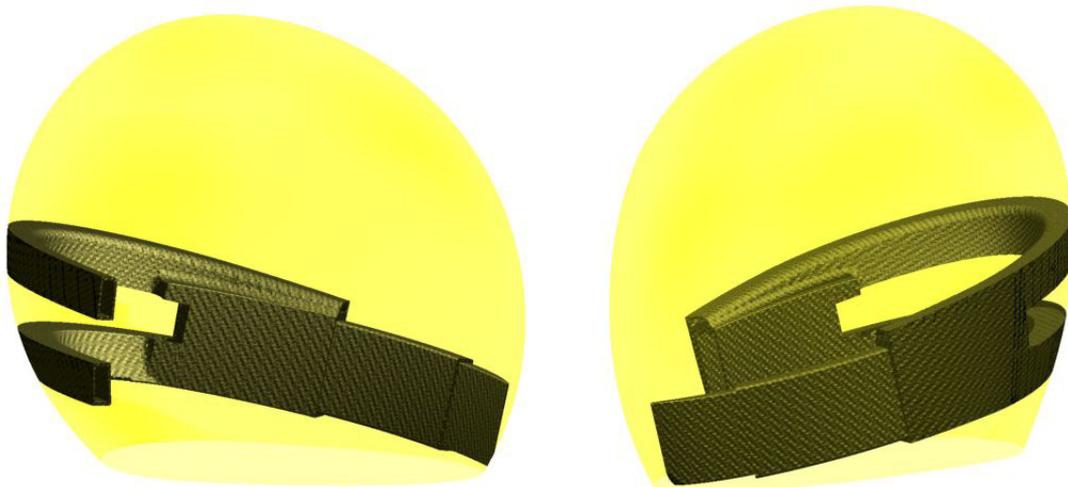


Ilustración 73 Propuesta final del sistema resistente confinado dentro de la superficie límite de la carcasa y visor. A la izquierda solo se muestra una de las cajas. A la derecha, unos protectores están desplegados y los del otro lado no.

En este apartado solo se muestra la propuesta definitiva básica junto con una serie de indicaciones sobre mejoras y complementos de cada componente para asegurar el correcto funcionamiento de la invención. Además se indican pautas para la

fabricación de cada pieza y su integración con el resto del proceso de fabricación de un casco típico. Para finalizar este apartado, se describe el ensayo de impacto sobre el prototipo definitivo y se analizan los resultados con la finalidad de certificar la viabilidad del sistema.

6.3.5.5.1 Barras de refuerzo

Las barras de refuerzo del prototipo definitivo han pasado a ser huecas, con un espesor promedio de unos 2 mm. Al igual que en la propuesta inicial, ambas forman un semiarco en la parte posterior del casco siguiendo el contorno de la carcasa del mismo. Ahora las barras son más cortas debido a que el hueco para albergar la conexión entre ambos protectores y entre los protectores y la caja, se ha trasladado a la propia caja. La siguiente figura muestra ambas barras en toda su longitud. Es sus extremos se acoplan las cajas de cada lado del sistema. Para la construcción del prototipo de ensayo, y tal como ya se ha considerado en las simplificaciones del modelo descritas anteriormente, solo se tiene en cuenta la mitad de las barras.



Ilustración 74 Barras de la propuesta definitiva

El material propuesto para la fabricación de las mismas es un *composite* de fibra de vidrio denominado GRFP E 56 %, cuyas características resistentes ya se han descrito en las condiciones de contorno del ensayo del prototipo inicial.

Se ha decidido prescindir del titanio para la construcción de estos componentes por dos razones fundamentales. La primera, es que al ser ahora unas piezas huecas, con paredes delgadas de espesor reducido, hace que los métodos de fabricación con *composites* sean perfectamente apropiados para su materialización. La segunda razón estriba en la búsqueda de la homogeneidad del proceso global de fabricación. Como ya se ha comentado, reduciendo las familias de materiales que concurren en un producto se consigue abaratar y simplificar su proceso de producción. Además, si estos materiales ya se usan en la fabricación de cascos, tal como ocurre con los

composites de fibra de vidrio y de carbono, la adopción de este sistema por parte de los constructores será mucho más sencilla. Por el contrario, la propuesta de varias piezas con materiales muy específicos que conllevan procesos de fabricación dispares, haría aumentar enormemente los costes de elaboración, y probablemente el rechazo por parte de los productores que deberían afrontar nuevas inversiones en sus fábricas.

Con la forma de las barras de la propuesta definitiva y el material descrito se consigue un peso para las piezas de:

Barra superior 0.114 Kg

Barra inferior 0.098 Kg

Lo cual supone una gran reducción respecto al prototipo inicial, en el que eran de titanio y además macizas.

6.3.5.5.2 Caja

La caja, junto a las barras es el elemento que mas cambia respecto al prototipo inicial, aunque en ella se reconoce perfectamente la forma de la que parte. Los perfeccionamientos se han dirigido fundamentalmente a la reducción del peso del componente sin prescindir de sus funcionalidades.



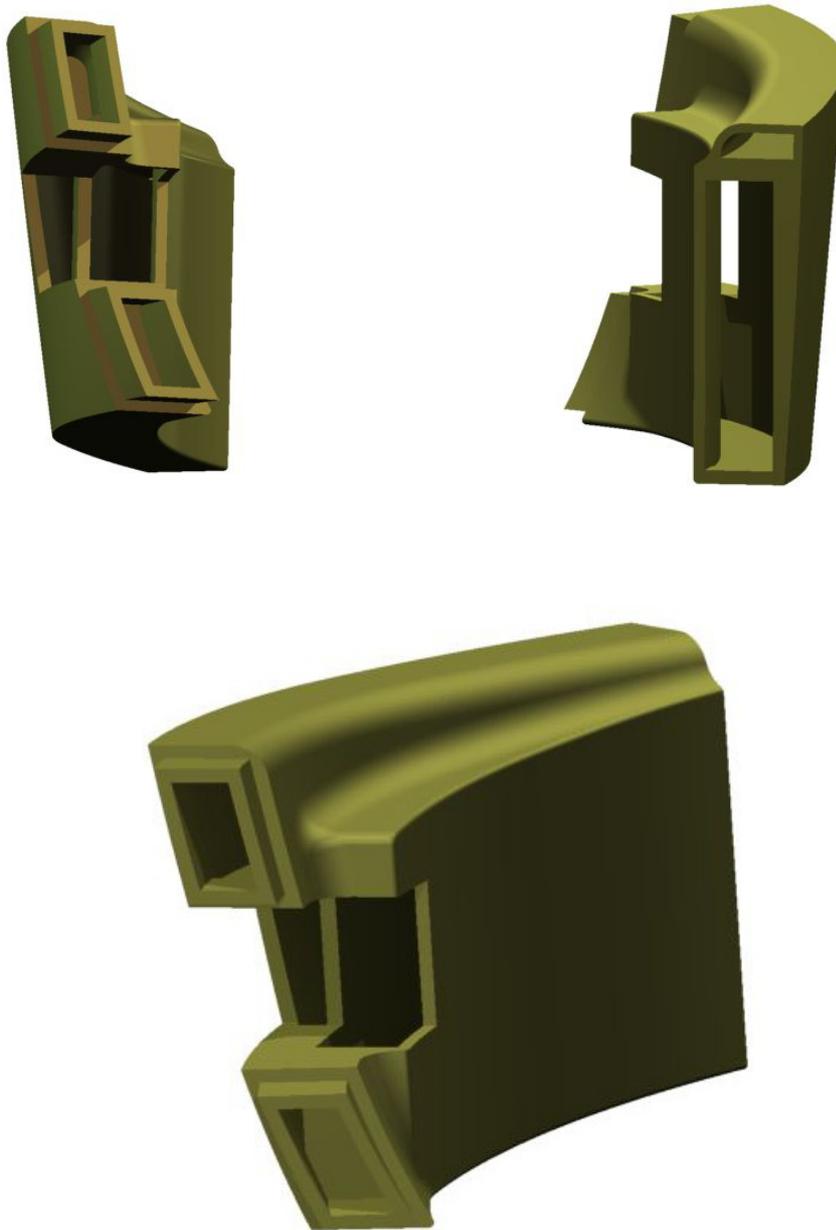


Ilustración 75 Caja de la propuesta definitiva. Varias vistas

Lo primero que se debe notar, es que el espacio destinado a albergar lo elementos de conexión entre caja-protector A y protector A- protector B ahora pertenece a este componente. Este espacio, situado en la parte posterior de la caja, se cierra y se conecta con los medios de impulsión, de forma que el fluido en expansión entra a través de este espacio, herméticamente cerrado por los medios de impulsión, desplegando los protectores hacia adelante.

También en la parte posterior de la caja, se han realizado un par de conexiones con las barras. Estas conexiones tienen forma hueca y forman un conjunto machihembrado con las barras de forma que para realizar el acoplamiento, las conexiones se introducen en el interior de las barras, hasta hacer tope. Esta forma de unión no requiere de elementos adicionales que aseguren la transferencia de carga, como podrían ser adhesivos o bulones.

La parte que aloja a los protectores en su interior es prácticamente igual a la del prototipo en cuanto a espesores y forma interior. Se han incluido redondeos en las aristas para reducir la cantidad de material y para hacer una transición suave entre superficies que facilite su fabricación.

Otra transformación relevante respecto al prototipo, es la reducción de material en las zonas menos solicitadas. Así, se ha eliminado material ahuecando la parte superior de la caja, resultando en una zona hueca con paredes de 2 mm de espesor. También se ha ahuecado el lateral exterior de la caja aunque en este caso el espesor de la pared que comparte con el hueco de los protectores debe ser un poco más gruesa para asegurar un buen comportamiento resistente frente a la carga de impacto, y también frente a la presión que se desarrolla en el despliegue de los protectores. La siguiente figura, en la que se representa la caja construida con material traslucido, refleja los huecos añadidos y los cambios de geometría respecto al prototipo inicial.

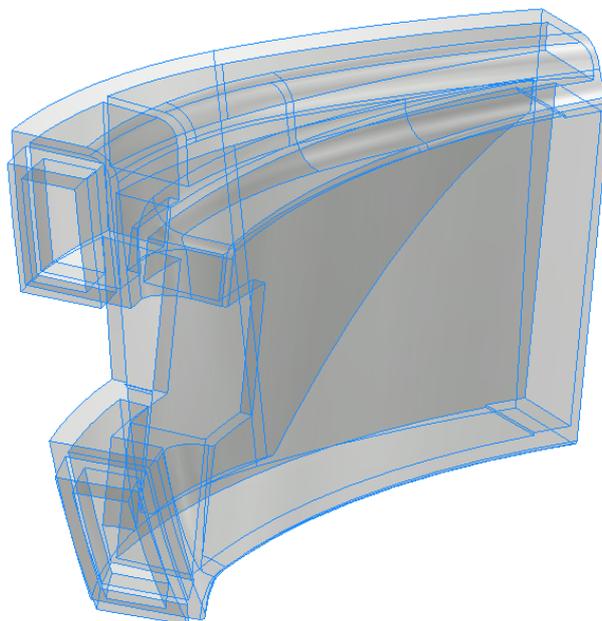


Ilustración 76 Vista translúcida de la caja con los huecos

Respecto al material empleado en su construcción, se ha seleccionado un *composite* por los mismos razonamientos que en las barras. La presencia de los huecos hace que

la pieza se componga de elementos de paredes delgadas, y que por lo tanto se pueda construir mediante una multicapa de *composite*.

Durante el proceso de desarrollo de este componente, inicialmente se empleó un *composite* de fibra de vidrio igual que el seleccionado para las barras, es decir GRFP E 56 %, pero el ensayo de impacto ofreció resultados de deformaciones del sistema inasumibles, del orden de 40 mm en el punto de máxima deformación. Siguiendo las prescripciones descritas en el apartado 6.3.5.4.1 en que se mencionaron las condiciones de contorno particulares del prototipo respecto a las estrategias de selección de *composites*, el siguiente paso fue utilizar un *composite* con mayor % en fibra de vidrio, en este caso con un GRFP E 70 %, pero la mejora respecto a los desplazamientos no resultó suficiente. Finalmente, se planteó la utilización de un *composite* con un conjunto de fibras de perfil resistente más alto que las de vidrio, que resultó en un *composite* de fibras de carbono, denominado CRFP 63 %, con las características resistentes que se indican en el apartado 6.3.5.7.1 donde se señalan las condiciones de contorno del ensayo de esta propuesta.

En cualquier caso, y desde el punto de vista de las deformaciones, es muy probable que, si se considerase la contribución de la carcasa y sobre todo de la espuma de amortiguamiento a la rigidez del conjunto, no sería necesario el empleo de un material de alta rigidez como el seleccionado. Es recomendable por tanto realizar refinamientos en el modelo y el ensayo en trabajos posteriores, que ofrezcan soluciones aun más depuradas que la actual.

Al igual que con las barras, la selección del material y los aligeramientos proporcionados, suponen una reducción de peso significativa respecto a la propuesta inicial obteniendo un peso final de:

Caja	0.216 Kg
------	----------

Por otro lado, hay que tener en cuenta un aspecto importante que se da en los elementos móviles del sistema y los que se relacionan con ellos. Esto es la fricción y el rozamiento que se puede producir entre los componentes deslizantes a lo largo de la trayectoria de despliegue de los protectores. Para asegurar el correcto despliegue del protector A respecto a la caja y del protector B respecto al protector A, se debe por un lado proporcionar un ajuste entre componentes, apropiado y con cierta holgura. El cálculo de esta holgura depende de las capacidades que ofrecen los medios de fabricación y de las tolerancias máximas que se consiguen a partir de ellos y será una

labor que corresponderá desarrollar al equipo que materialice las solución específica del casco protector y que probablemente incluirá la realización de ensayos sobre prototipos construidos con los materiales propuestos, para determinar el comportamiento de los protectores en su despliegue.

En el caso de que el despliegue no sea fluido o el orden de despliegue no se ajuste con lo requerido por el fabricante, se pueden utilizar bandas longitudinales de material ultradeslizante, como PTFE sobre cintas de ABS, acopladas a los protectores y/o a la caja y que actúen como cojinetes. Variando los materiales de estas bandas o su rugosidad superficial se puede hacer que, por ejemplo, el protector B se despliegue antes que el protector A o viceversa. Además de asegurar el funcionamiento correcto de los protectores, la inclusión de cojinetes puede tener efecto en el cumplimiento de uno de los requisitos globales de proyecto; el relacionado con la rapidez. Efectivamente, una fricción menor entre elementos, asegura un aprovechamiento mejor de la energía de impulsión que proporciona el fluido, y por lo tanto una reducción del tiempo de despliegue de los protectores.

6.3.5.5.3 Protector A

El diseño final de este componente es formalmente igual que el del prototipo inicialmente propuesto.

Respecto a los materiales, se plantea su construcción mediante una fibra de carbono igual a la empleada en la caja, es decir, CRFP 63 % manteniendo así homogeneidad en los materiales para construir el sistema. Al igual que antes, las pruebas iniciales demostraron que el uso de un *composite* de fibra de vidrio no resultaba apropiado, aunque en este caso el análisis de resultados del ensayo proporcionaba un fallo por rotura de este componente. Como ya se ha comentado, para solventar el problema resistente, se puede bien modificar la forma, aumentando la inercia del componente con más material o alejando el que hay de la fibra neutra, o bien utilizando otro material con un perfil resistente mejor. Puede que la aplicación del sistema en un casco de producción aconseje el cambio de forma del componente, pero en este caso se ha decidido no cambiar las proporciones del elemento y utilizar un *composite* con fibras más resistentes, tal como el seleccionado.

El peso de este protector, con la forma y el material utilizado en el diseño final es:

Protector A	0.070 Kg
-------------	----------

Como en el caso de la caja, los medios de producción determinan las holguras con las que se puede acoplar el conjunto y deberá ser tenido en cuenta en la ingeniería de detalle del casco específico que se materialice. El deslizamiento de este protector sobre el protector A puede requerir igualmente cojinetes que aseguren unas condiciones de fricción adecuadas respecto al comportamiento esperado del equipo, y a los tiempos máximos de despliegue.

Para cumplir con el objetivo global de resistencia, se ha desarrollado una propuesta que es capaz de asumir grandes esfuerzos de impacto a través de sus componentes. Sin embargo, para asegurar la integridad del usuario en el caso de una colisión que acarree además un periodo de abrasión subsiguiente por deslizamiento, hay que construir los elementos expuestos de forma que sean capaces de resistir además el desgaste por fricción sin consumirse peligrosamente.

Junto con la carcasa del casco, se considera que son los protectores del sistema de protección los que deben asumir esa labor, toda vez que los medios de amortiguamiento, por su constitución en forma de bolsas plegables, no pueden asumir ninguna resistencia estructural sin descomponerse. Aunque resistan la carga de impacto, si los elementos protectores se desintegran tras un impacto a causa de la fricción contra una superficie abrasiva como el asfalto, no realizarán su trabajo, ya que se expone la cara del usuario a graves heridas por laceración.

Los gráficos Ashby que permiten determinar los materiales más resistentes respecto a la erosión por deslizamiento, relacionan la constante de Archad, con la presión a la que se somete el componente o con su dureza. En cualquier caso, los *composites* son la familia de materiales que mejor comportamiento presentan respecto a este tipo de sollicitación, y dentro de ellos, los *composites* con fibras de kevlar se destacan sobre los demás. En el caso de que la durabilidad de la fibra de carbono no sea la adecuada respecto a un fenómeno de abrasión típico en una caída, se debe estimar la utilización de una capa fina de *composite* de fibras de kevlar dispuesta en la superficie externa de los protectores, y más concretamente en la cara expuesta hacia el exterior del casco.

6.3.5.5.4 Protector B

Al igual que en el caso del protector A, este componente es formalmente igual que el del prototipo inicial.

El material seleccionado para su construcción definitiva es el mismo que el del prototipo inicial, y coincide con el elegido fielmente para las barras, es decir, un *composite* de fibra de vidrio de tipo E denominado GRFP E 56 %.

El peso de este componente con el diseño definitivo y el material anteriormente mencionado es de:

Protector B	0.072Kg
-------------	---------

Las indicaciones respecto a las holguras, a los cojinetes y al refuerzo con fibras de kevlar son igualmente aplicables a esta pieza, que junto al protector A forman los elementos en movimiento del sistema de protección.

6.3.5.5 Propuesta definitiva ensamblada

El acoplamiento de los componentes del sistema estructural de protección resulta en un subsistema que recoge todos los requisitos globales y particulares de diseño planteados anteriormente. El sistema ensamblado es compacto, respecta los límites formales impuestos, es ligero y además cumple con su función defensiva.



Ilustración 77 Sistema estructural de protección definitivo.

El peso total del sistema resistente no supera el Kilogramo, lo que lo hace perfectamente apropiado para su integración en un casco abierto, encontrándose dentro de los límites admisibles de diseño.

Tabla 21 Masa de los componentes de sistema estructural de protección

Barra superior	0.114 Kg
-----------------------	----------

Barra inferior	0.098 Kg
Caja x 2	0.216 Kg
Protector A x 2	0.070 Kg
Protector B x 2	0.072 Kg
Peso Total	0.928 Kg

Hasta ahora se ha hecho una propuesta definitiva de diseño para el sistema de protección del usuario. Los siguientes apartados demuestran que además, este sistema es realizable y confiable, corroborando por lo tanto la hipótesis de partida de este trabajo.

6.3.5.6 Estrategias de fabricación

Los *composites* de matriz plástica de los que están compuestos todos los elementos del sistema estructural de protección, son materiales compuestos de una matriz termoplástica o termoestable como por ejemplo resina epoxi, reforzada a base de fibras, como las utilizadas en la propuesta definitiva (carbono, vidrio o kevlar). El hecho de que sean materiales compuestos a base de fibras, hace que se caractericen por unos métodos de fabricación específicos, en los que se hace necesario un proceso de curado en autoclave, y por la anisotropía o unidireccionalidad de comportamiento del material resultante. Para obtener un comportamiento isótropo se debe diseñar o seleccionar un método de fabricación adecuado, donde se dispongan las fibras orientadas en varias direcciones, y preferiblemente entrelazándolas de forma continua.

En general, los métodos de fabricación de *composites* se pueden dividir en dos grandes grupos: los métodos manuales y los métodos automatizados. Los métodos manuales comprenden la disposición consecutiva de varias de capas de resina y/o fibras sobre una preforma, para generalmente proceder al curado del material. Estos métodos se conocen en general por su denominación en inglés como *lay-up process*. Los métodos automatizados utilizan maquinaria específica y permiten producir series mayores de piezas a un ritmo alto. Los más empleados son SMC (*sheet molding compound*), BMC (*bulk molding compound*), moldeo por transferencia de resina, pultrusión y bobinado de filamentos.

6.3.5.6.1 Lay-up process

Dentro de los procesos manuales, el más empleado es el moldeo a mano o *hand lay-up*. Este proceso consiste normalmente en 5 fases:

- 1) Aplicación de antiadherente en un molde o preforma.
- 2) Recubrimiento de un gel, que constituye la superficie de acabado de la pieza.
- 3) Aplicación de una o varias capas de fibra y resina.
- 4) Curado de la pieza a presión y temperatura constantes, mediante un autoclave.
- 5) Extracción del molde de la pieza endurecida.

La fase de curado del componente se suele complementar con el uso de una bolsa que envuelve a la pieza aun fresca, con la que se le aplica vacío y presión. De esta manera se aseguran las características dimensionales y se mejora el acabado final. Este método es muy laborioso y lento, por lo que solo se aplica a series de piezas cortas de grandes dimensiones como por ejemplo componentes de aviones, cascos para embarcaciones o depósitos a presión.

Una sofisticación del método anterior es el uso de pistolas a presión para proyectar una mezcla fresca de resina y fibra sobre las superficies de la preforma. Los métodos que las utilizan reciben el nombre de *spray lay-up*. La proyección de las fibras mediante pistola requiere que éstas estén cortadas formando una especie de viruta, con lo que aunque se mejoran los tiempos de fabricación, las propiedades de las piezas resultantes son peores que en el caso de que se hubieran fabricado a mano.

Ambos métodos están lejos de poder aplicarse en la fabricación de los componentes del sistema resistente, ya que el tamaño de las piezas y de los lotes de producción requeridos los harían totalmente antieconómicos.

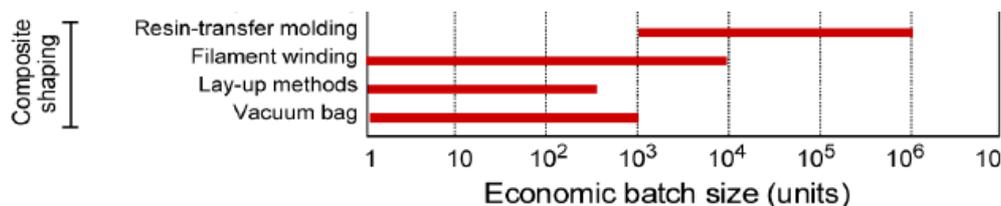


Ilustración 78 Tamaño de los lotes recomendables según el proceso de fabricación.

La alternativa por lo tanto se encuentra en alguno de los procesos de fabricación automatizados.

6.3.5.6.2 Sheet / molding compound. SMC / BMC

El SMC consiste en la preparación de una lámina en forma sándwich, compuesta por un núcleo de *composite* fresco dispuesto entre dos películas portadoras. El proceso es totalmente automatizado aunque en general las fibras se tienen que cortar para proporcionarlas en forma discontinua, lo que influye negativamente en las capacidades de la pieza final.

El resultado de este método de fabricación es un *composite* fresco, que además se puede presentar en rollos bobinados, apto para su empleo en etapas posteriores en donde se ajusta a una preforma y se realiza el curado en autoclave.

El BMC es un proceso que en general utiliza el resultado del SMC y comprende la disposición de una lámina de *composite* fresco sobre una prensa de moldeo. Una vez colocada la fibra. La prensa cierra sobre ella las dos semipartes que conforman el molde, aumentando la presión y la temperatura al igual que ocurre en un autoclave, curando el *composite* y obteniendo así un componente endurecido.

Ambos métodos son muy apropiados para la producción de grandes series de piezas simples y de tamaño moderado como por ejemplo en el sector del automóvil (capós, puertas), productos domésticos, etc. Sin embargo, la fabricación mediante moldeo no es conveniente para elementos pequeños y con formas complejas como por ejemplo la caja o cualquiera de los protectores.

6.3.5.6.3 Pultrusión / bobinado de filamentos

Ambos métodos permiten la fabricación de componentes mediante el empleo de fibras continuas. Además de esto, los procesos están mecanizados, lo cual hace que las características resistentes de los elementos resultantes sean muy buenas. En ambos casos se trata de obtener piezas de perfil continuo como por ejemplo depósitos a presión, tuberías, angulares, etc.

La Pultrusión es un método de extrusión que además incluye la incorporación de fibras, por lo que se emplea casi excesivamente para piezas largas de sección constante. Se parte de unos rollos de fibras (*continuous roving*) que después de someterse a un baño de resina líquida, alimentan de forma continua a una matriz que tiene la sección de la forma final. La alimentación de la extrusora se realiza tirando de las piezas desde la zona de salida de la misma, lo que lo diferencia de una extrusión típica de polímeros y le da nombre al proceso (*pull - extrusion*) El curado del componente se produce simultáneamente a su paso por la matriz caliente de forma continua. Aunque en

general el producto final tiene las fibras alineadas en la dirección de arrastre, haciéndolo fundamentalmente anisótropo, es posible usar tejidos de fibra bidireccionales como alimento para al extrusora.

El bobinado de filamentos o *filament winding* es un método que proporciona elementos huecos como tubos o depósitos, y no necesariamente de sección constante. Se trata de utilizar fibras continuas impregnadas en resina plástica para arrollarlas en un molde cilíndrico de forma similar a como se hace con el hilo sobre un carrete. Variando las velocidades de giro del molde y las velocidades de desplazamiento del útil de aplicación de las fibras, se puede ajustar el ángulo de bobinado y por lo tanto la isotropía y la concentración de fibras. Una vez constituido el elemento fresco, se cura para obtener la pieza final.

El bobinado por filamentos parece un candidato muy apropiado para la fabricación de las barras y del protector A. En todos estos casos se trata de elementos huecos de sección más bien constante, y con formas sencillas y continuas.

		Circular prismatic	Non-circular prismatic	Flat sheet	Dished sheet	3-D solid	3-D hollow
Composite shaping	Resin-transfer molding	●	●	●	●	●	●
	Filament winding	●	●		●		●
	Lay-up methods			●	●	●	
	Vacuum bag			●	●		

Ilustración 79 Formas de la pieza vs método de fabricación

La producción del protector A puede ser realizada con este método, seleccionando apropiadamente la forma del carrete y la orientación del útil de aplicación de la fibra, que preferiblemente deberá ser variable. El hecho de que el protector A tenga sus superficies laterales curvas, siguiendo el perfil de un cilindro, hace que se pueda proponer un carrete como el que se muestra en la figura, sobre el que se puede arrollar las fibras bañadas en resina de forma continua.

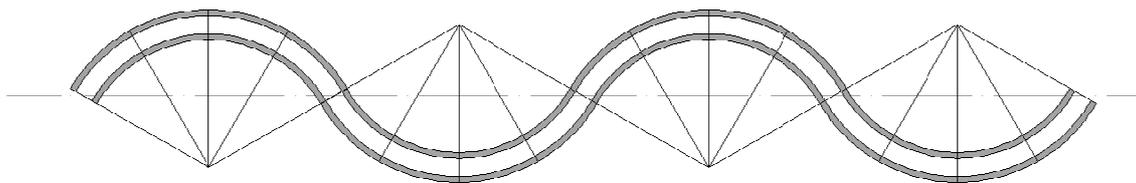


Ilustración 80 Carrete apto para fabricar por bobinado de firmamentos, las barras y el protector A. La línea media punteada es el eje de giro.

En el caso de las barras, se puede proceder de forma similar, aunque lógicamente la geometría es más compleja al igual que el diseño apropiado del carrete.

En ambos casos, una vez obtenida la pieza básica continua, se puede proceder al proceso de curado y más adelante al de mecanizado y corte, dando como resultado las piezas individuales definitivas.

Los inconvenientes que presentan los métodos anteriores respecto a los componentes del sistema de protección, son por una parte el tamaño reducido de las piezas y por otra las capacidades de producción que los hacen rentables. Por ejemplo, en el caso de los protectores, los pequeños resaltes diseñados como medios de conexión o las pequeñas acanaladuras para incluir los cojinetes pueden suponer un problema para la obtención de piezas de calidad mediante estos procesos. Además, ambos métodos, y por las características intrínsecas de los mismos (velocidades de extrusión o de bobinado, temperaturas de trabajo, etc.), proporcionan un límite máximo de producción de unas 1000 piezas por año, lo cual puede resultar bastante ajustado para los requerimientos de producción sostenible de un fabricante medio de cascos.

6.3.5.6.4 Moldeo por transferencia de resina

El moldeo por transferencia de resina es un método muy versátil que consiste en la utilización de una o varias capas de fibras preconfiguradas que se sitúan en un molde abierto. Una vez cerrado el molde con la contraforma superior mediante una prensa, se inyecta por bombeo la resina en estado fluido, que va ocupando los huecos que deja el molde al efecto. A la vez que la prensa de compactación mantiene la presión sobre la pieza, el molde se calienta de forma que el componente se va curando simultáneamente en el proceso. Una vez curada, se abre la prensa y se desmoldea la pieza ya endurecida.

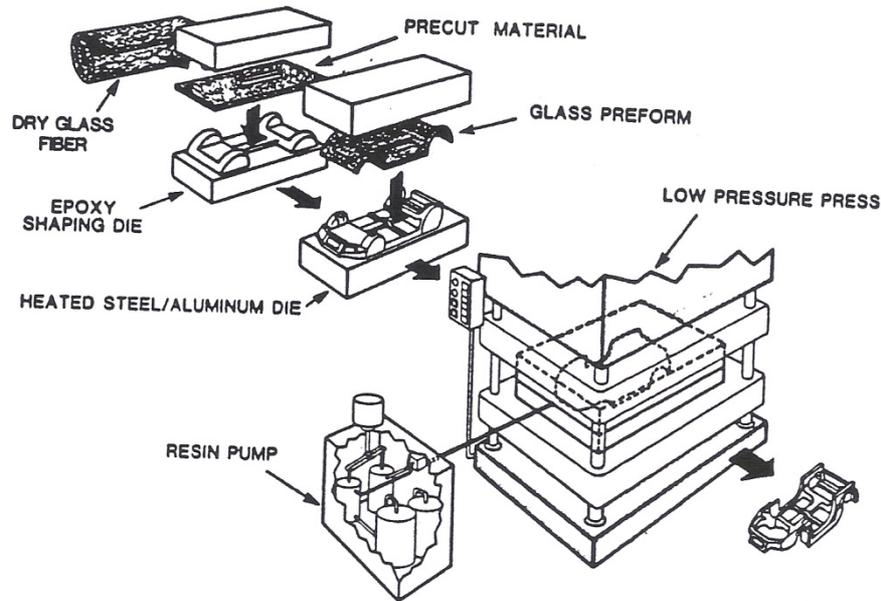


Ilustración 81 Esquema del proceso de moldeo por transferencia de resina

Las propiedades mecánicas de los componentes fabricados por este proceso son de perfil muy alto. Esto es debido a que se tiene la posibilidad de disponer el conjunto de fibras de forma óptima y en seco, antes de la inyección de la resina. El hecho de que el proceso se realice a través de moldes y esté completamente automatizado permite además llevar a cabo un control calidad y de fabricación muy exhaustivo. El resultado es una pieza con muy buenas propiedades resistentes y unos niveles dimensionales óptimos, que destaca sustancialmente respecto a los productos obtenibles con los procesos indicados anteriormente.

Tal como se puede ver en la siguiente figura, tanto a nivel de tolerancia dimensional como a nivel de superficies, la fabricación de *composites* por transferencia lo hace un método muy apropiado para fabricar cualquier componente del sistema estructural de protección.

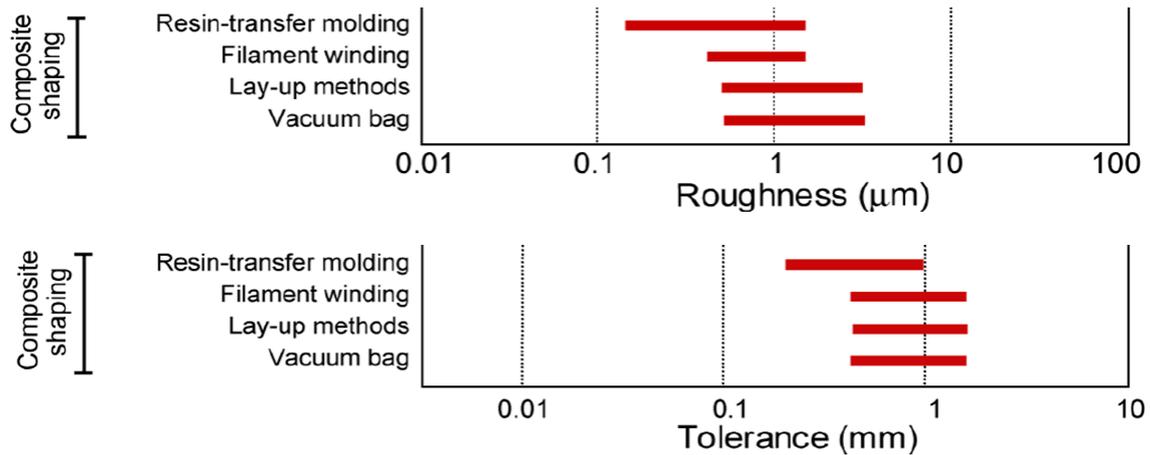


Ilustración 82 Rugosidad y tolerancias obtenibles mediante varios métodos de fabricación de *composites*.

Respecto a la rentabilidad del proceso, éste resulta apropiado para lotes comprendidos entre mil y un millón de piezas al año, lo cual se encuentra dentro de los objetivos de cualquier fabricante típico de cascos.

Por otro lado, es conveniente reseñar que este proceso productivo está muy arraigado en la fabricación de carcasas de fibra y así como de otras piezas de cascos destinados a motociclismo. Esto hace que esta alternativa sea aun más adecuada de cara a un fabricante de cascos ya que, o bien el proceso ya está siendo utilizado para la materialización de otros componentes, o bien la asimilación, adaptación e implantación de este sistema resulta muy sencilla pudiendo adoptarla mediante procesos de transferencia tecnológica entre sectores.

6.3.5.6.5 Estrategias de fabricación con moldeo por transferencia de resina. Acoplamiento o integración

Una vez establecido el proceso por transferencia de resina como el más adecuado para la construcción de todos los componentes del sistema, hay que adecuarlo a las características y las capacidades del fabricante. En este apartado tan solo se realizan propuestas generales y sugerencias para llevar a cabo la materialización de las piezas del sistema ya que las especificaciones en detalle solo se pueden ajustar una vez conocidos los medios de producción concretos y las características del modelo de casco definitivo.

Estrategia de acoplamiento

La estrategia de acoplamiento consiste en la fabricación de las diferentes piezas del sistema de protección de forma independiente. Una vez obtenidas, se unen para componer el sistema resistente, el cual se acopla a la carcasa del casco.

Esta forma de producción está indicada para los casos en los que el fabricante produce los componentes de sus diferentes modelos de forma estandarizada, incluyendo las carcasas. De esta manera, se pueden utilizar los modelos de calota estándar acoplándoles la invención mediante unos medios de unión, como por ejemplo remaches, bulones o adhesivos.



Ilustración 83 Unión mecánica por remache de componentes interior a la carcasa, en un casco convencional

También es apropiada para los casos en los que el productor utilice termoplásticos u otros materiales distintos a los *composites* de fibra para la fabricación de sus productos. Los medios de producción de sus carcasas pueden mantenerse, acoplando el sistema de forma modular en su cadena productiva.



Ilustración 84 Sistema resistente de protección acoplado a una carcasa de termoplástico

A excepción del protector B, que es macizo, todos los componentes del sistema resistente contienen huecos abiertos, al menos por uno de sus lados. Para fabricar las piezas mediante el moldeo con transferencia de resina, se deben o subdividir las piezas, o utilizar núcleos de moldeo extraíbles que respeten la forma final de esas cavidades.

Con la subdivisión de componentes se trata de obtener subconjuntos de piezas abiertas y fácilmente moldeables a partir de preformas sencillas. Así por ejemplo, las barras se pueden dividir longitudinalmente en dos piezas curvas y abiertas, al igual que el protector A. En el caso de la caja, probablemente se necesiten dos planos de división longitudinales para lograr el objetivo anterior.

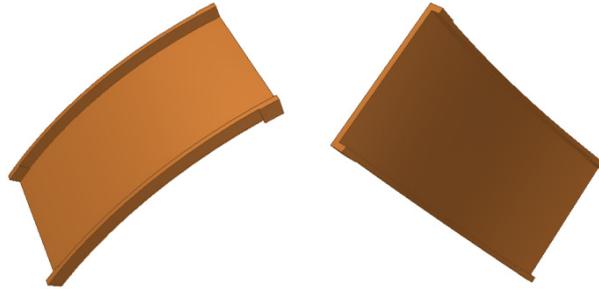


Ilustración 85 Protector A subdividido en dos partes para su fabricación por moldeo

Una vez construidos, los subconjuntos se pueden acoplar para formar cada pieza individual con uniones químicas o mecánicas. Así por ejemplo, parte de la caja y las barras se pueden remachar a la carcasa, de forma que el acoplamiento del sistema y la unión de subconjuntos se realizan simultáneamente en una sola operación. En el caso del protector A, las limitaciones formales y de precisión aconsejan que la unión se realice por adherencia.

La utilización núcleos extraíbles supone incluir operaciones adicionales de desmolde, aunque por otra parte permite evitar el proceso de montaje de los subconjuntos con el objetivo de formar las piezas definitivas. La caja y las barras construidas de esta forma se acoplan definitivamente a la carcasa mediante la aplicación de un adhesivo o mediante uniones mecánicas.

En todas las propuestas mencionadas, se puede optimizar el proceso productivo de las barras, el protector A e incluso el protector B, con la introducción de núcleos multipieza, donde un solo molde sirve para realizar varias piezas iguales simultáneamente. El molde multipieza es similar al carrete descrito en la propuesta de fabricación por bobinado de filamentos. Una vez curada la preforma de la pieza así obtenida se procede a su división por corte en pequeños tramos que conforman las piezas individuales.

Estrategia de integración

La estrategia de integración supone combinar la fabricación de alguna de las piezas del sistema resistente en el mismo proceso productivo de otros componentes del casco, de forma simultánea. Este tipo de estrategia es apropiada cuando el productor de cascos ya utiliza *composites* de fibras para la constitución de sus piezas, y más específicamente cuando tiene experiencia en la fabricación de las carcasas con este tipo de material.

Se trata de aprovechar el mismo proceso de moldeo por transferencia de resina que se usa para construir la calota externa, y modificar el molde para que incluya partes de las barras o de la caja. De forma similar a lo que se ha indicado en la estrategia de acoplamiento, estos componentes deben dividirse en subconjuntos que permitan el moldeo de la carcasa y de los subconjuntos de interés como un bloque monocasco. Al resultado de este primer paso de moldeo, se le acoplan a continuación, mediante unos medios de unión, las otras partes del subconjunto para así construir las piezas definitivas del sistema resistente.

En el caso concreto de las barras, puede que incluso no sea necesaria la incorporación del subconjunto de cierre de las mismas para formar un elemento tubular. De esta forma, las barras pasarían a convertirse en una especie de cartelas con efecto rigidizador sobre la carcasa y capaces por sí mismas de contribuir a la resistencia de la fuerza de impacto producida en un accidente.

La fabricación del protectores A y B se puede realizar de igual manera a como se indica en la estrategia de acoplamiento.



Ilustración 86 Bloque monocasco que incluye parte del sistema resistente de protección

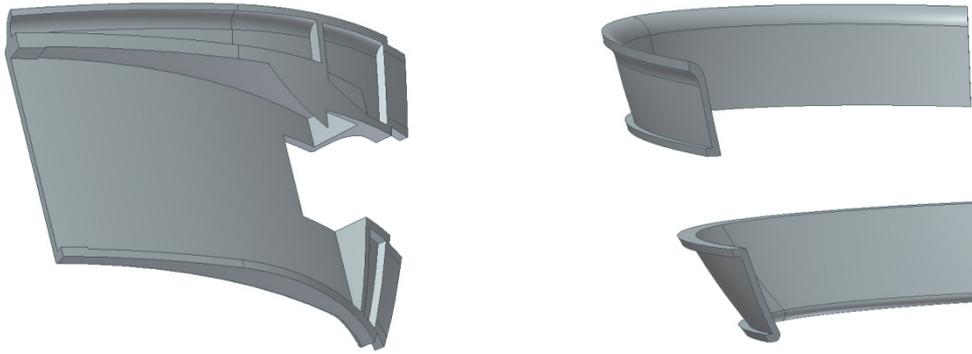


Ilustración 87 Subconjuntos de la caja y de las barras, acoplables al bloque monocasco.

Las ventajas que plantea esta forma de fabricación son por una parte, de carácter resistente al asegurar la transferencia de esfuerzos en todo el bloque monocasco, y por otra, de optimización de procesos de fabricación (reducción de tiempos, etapas, etc.). Su inconveniente principal es la necesidad de utilizar un molde específico para la construcción de la carcasa de fibra con las formas de los subconjuntos de la caja y las barras del sistema de protección, y la inclusión de etapas adicionales de montaje por la subdivisión de piezas. De todas formas, las bondades de esta propuesta de fabricación superan sustancialmente a las dificultades planteadas.

6.3.5.7 Ensayo y validación de la propuesta definitiva

En el apartado anterior se recogen una serie de directrices de fabricación que demuestran que el sistema resistente es realizable mediante procesos de fabricación estándar y con materiales habitualmente utilizados en ingeniería.

En este apartado se trata de validar la propuesta formal definitiva desde el punto de vista de resistencia de materiales y compatibilidad de deformaciones, cuando el dispositivo se somete a las cargas inducidas en la situación de ensayo más desfavorable. En definitiva, a partir del análisis de los resultados del test de impacto al que se somete la probeta, se debe concluir si el sistema defensivo es confiable, y así cumplir con los requisitos globales de resistencia, de forma, y de compatibilidad descritos en el objeto del desarrollo de esta realización preferida.

6.3.5.7.1 Condiciones de contorno particulares en el AEF

Las condiciones de contorno son prácticamente las mismas que las indicadas en el ensayo del primer prototipo respecto a las simplificaciones formales y las solicitaciones

externas, con la salvedad de los materiales de cada una de las piezas, su forma particular definitiva y la vinculación de empotramiento en el extremo de las barras, que ahora tiene una superficie de contacto menor por ser éstas huecas.



Ilustración 88 Modelo de la propuesta definitiva, empotrada en su extremo posterior, con toda la carga aplicada en el extremo frontal

El extremo del sistema resistente se sigue considerando libre, lo cual supone una situación de proyecto desfavorable desde el punto de vista del conjunto, pero que asegura la integridad del conjunto incluso en las peores colisiones.

Los materiales que constituyen todas las piezas son de la familia de los *composites* de fibras con matriz epoxi, aunque desde el punto de vista estructural se han tenido que utilizar dos tipos de fibras en función del estado tensional de cada una de los módulos. Por un lado, las barras y el protector B se fabrican con un *composite* de fibras de vidrio de tipo E al 56% en peso, como el indicado en el prototipo de partida. Para la caja y el protector A, sin embargo se han utilizado un *composite* denominado CRFP 63%, formado por un conjunto de fibras de carbono al 63% en peso, con mayores capacidades que las de vidrio, tanto desde el punto de vista de límite resistente como desde el punto de vista de la rigidez.

La selección de los materiales constituyentes de todo el sistema se ha realizado en base a múltiples ensayos de impacto intermedios, en los que se han probado variantes formales de las piezas, así como distintos materiales candidatos. Sin embargo, la fabricación de la caja y del protector A mediante la familia de *composites* supuso un reto debido a los límites de deformación y de resistencia resultando la fibra de carbono como el material más apropiado. Así, a modo de ejemplo, la siguiente figura muestra dos prototipos intermedios. Aunque la capacidad resistente de ambos era adecuada, en uno de ellos las deformaciones máximas del extremo libre situado en el protector B eran incompatibles con la funcionalidad del casco, al invadir el espacio

vital del usuario. Un cambio de material en el protector A, aumentando su rigidez, mejora sustancialmente el comportamiento, tal como se ve en el segundo caso.

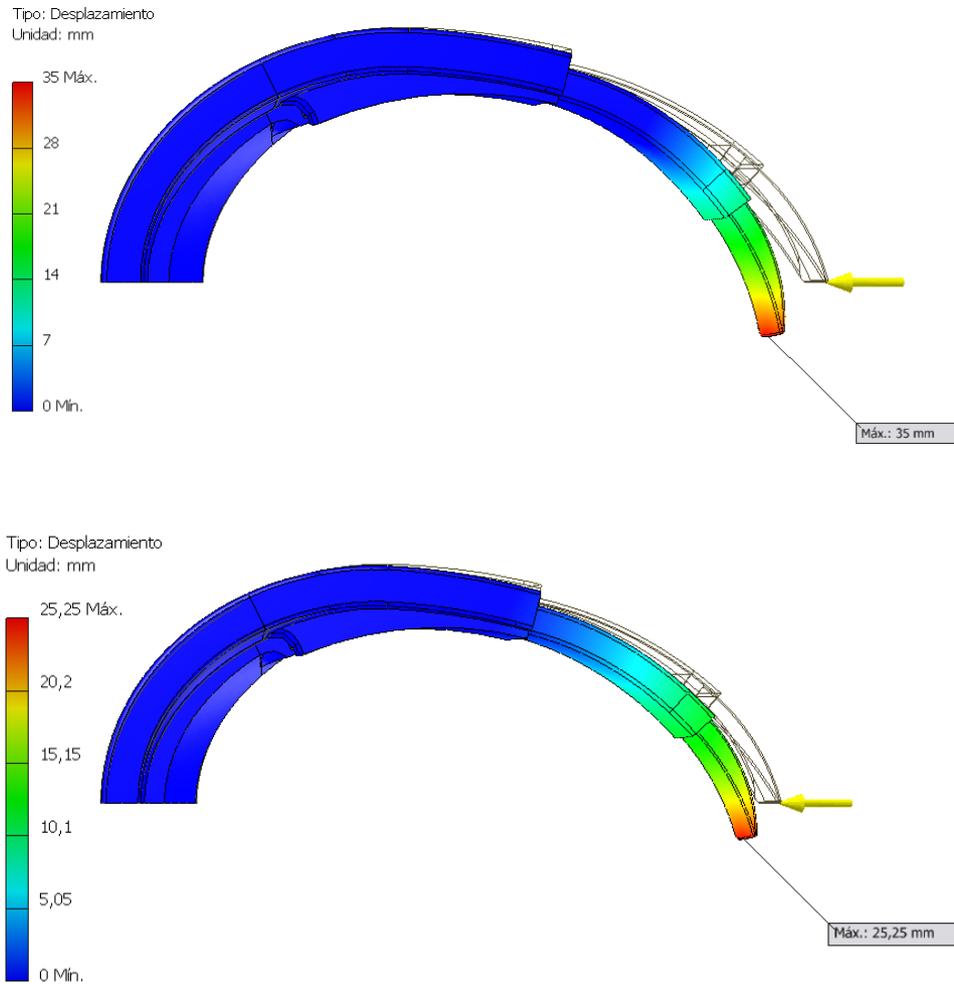


Ilustración 89 Prototipos intermedios. El primero, de titanio y *composite* se deforma excesivamente. La deformación del segundo, de *composite*, es compatible con la funcionalidad

Como ya se ha mencionado, ambos protectores pueden perfeccionarse incluyendo una capa externa de fibras de kevlar con el objeto de resistir abrasiones. Sin embargo, a los efectos de la simulación no se ha tenido en cuenta la contribución a la resistencia global de este tipo de filamento, por considerarse en principio, opcional.

El resumen de características resistente de los *composites* empleados para cada pieza se resume en las siguientes tablas:

Tabla 22 Propiedades del *composite* GFRP 56 % de la propuesta definitiva

Nombre del material	GFRP E 56 %	
General	Densidad de masa	1,97 g/cm ³

Nombre del material	GFRP E 56 %	
	Límite de elasticidad	1028 MPa
	Resistencia máxima a tracción	1028 MPa
Tensión	Módulo de Young	42,8 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,28 su
	Módulo cortante	16,7188 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0,000000000857 su/c
	Conductividad térmica	0,299 W/(m K)
	Calor específico	1500 J/(kg c)
Nombres de las piezas	Protector B	
	Barra de refuerzo superior	
	Barra de refuerzo inferior	

Tabla 23 Propiedades del composite CFRP 63 % de la propuesta definitiva

Nombre del material	CFRP 63 %	
General	Densidad de masa	1,61 g/cm ³
	Límite de elasticidad	1725 MPa
	Resistencia máxima a tracción	1725 MPa
Tensión	Módulo de Young	158,7 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,28 su
	Módulo cortante	0 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0,000000000857 su/c
	Conductividad térmica	0,299 W/(m K)
	Calor específico	1500 J/(kg c)
Nombres de las piezas	Caja	
	Protector A	

6.3.5.7.2 Análisis de resultados

La introducción de la propuesta de diseño para la probeta de ensayo, las condiciones de contorno y las cargas de impacto en el entorno de simulación proporcionan un mallado sobre el modelo con 15780 elementos y 31318 nodos distribuidos de la siguiente forma:

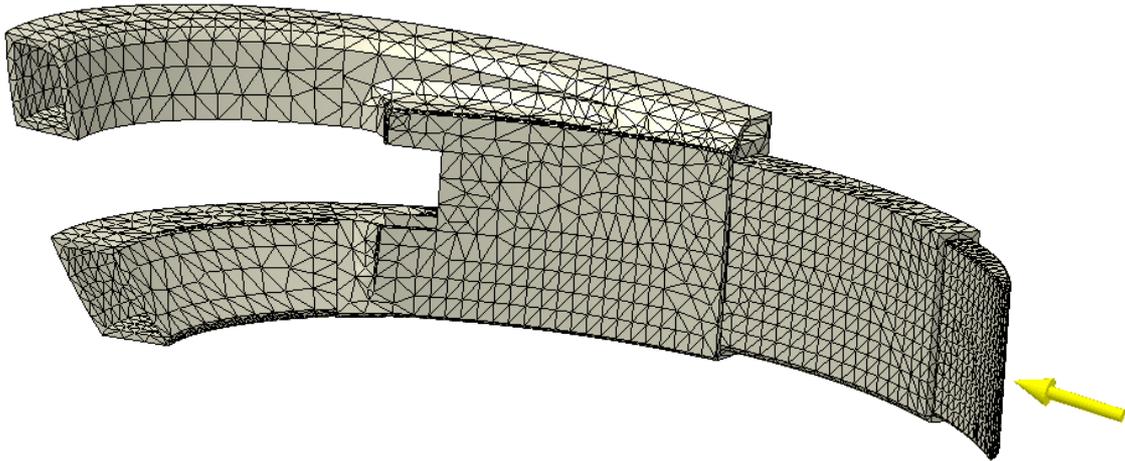


Ilustración 90 Distribución de elementos en el modelo de ensayo de la propuesta definitiva

Esta propuesta de malla supone un aumento de un 40 % en el número de elementos respecto al prototipo inicial, debido fundamentalmente al aumento en la complejidad formal de los componentes del sistema.

Comenzando inicialmente por el análisis global de resultados sobre el conjunto, se puede comprobar que el coeficiente de seguridad, uno de los indicadores más relevantes respecto a la capacidad resistente del moldeo, se encuentra dentro de los límites admisibles, superando siempre el valor unidad en todas las zonas del sistema.

Tipo: Coeficiente de seguridad
Unidad: ul

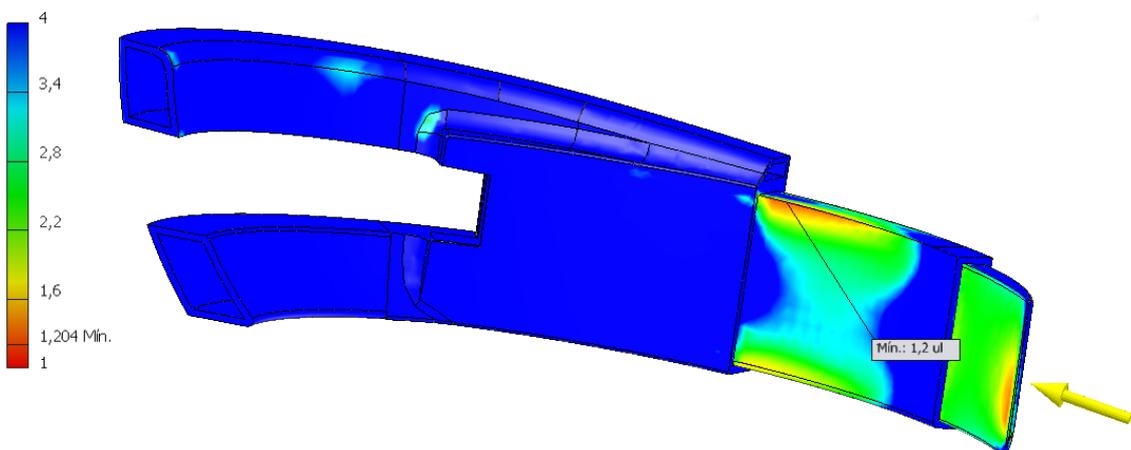


Ilustración 91 Coeficiente de seguridad en la propuesta definitiva. Cara interna

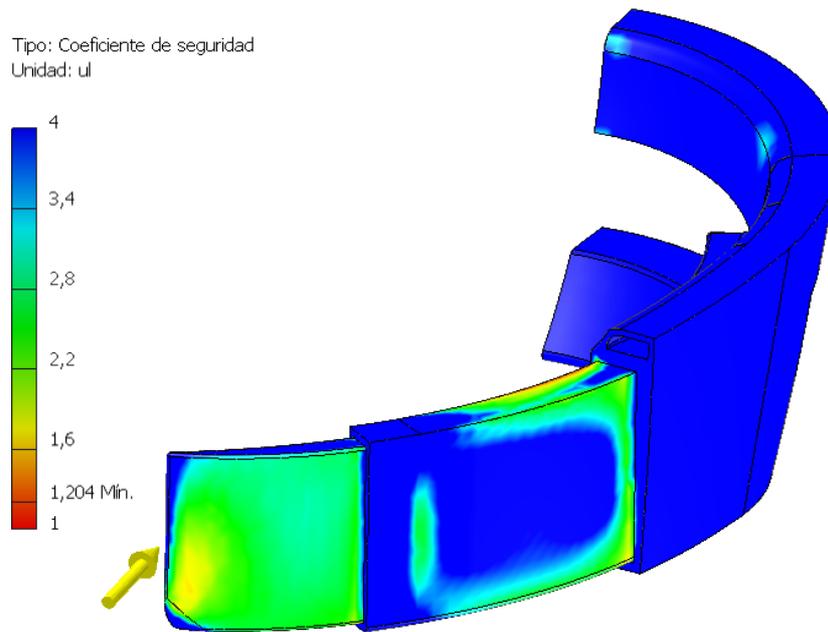


Ilustración 92 Coeficiente de seguridad en la propuesta definitiva. Cara externa

Los resultados del ensayo respecto al coeficiente de seguridad muestran que en todos los casos las piezas se encuentran bastante descargadas y solo una zona muy específica del protector A se encuentra altamente tensionada. En el caso específico del protector A, los datos indican que, ante las cargas de ensayo, aun dispone de una reserva resistente del 13 % antes del agotamiento por plastificación. Un límite de coeficiente de seguridad de 1.2 e incluso de 1.1, es muy habitual en el diseño de piezas de ingeniería, incluso en las de responsabilidad crítica, con lo que se puede concluir que todas las partes del sistema permanecen en unos niveles de integridad apropiados, para las condiciones de ensayo. En las condiciones de servicio del conjunto, y tal como se ha mencionado anteriormente, es igualmente tolerable que los protectores se rompan por un accidente siempre que conserven la suficiente integridad como para hacer de barrera defensiva en impactos posteriores o rebotes.

Los valores de las tensiones de Von Mises se encuentran dentro de las capacidades de los materiales seleccionados para todas las zonas del dispositivo. Los resultados gráficamente son similares a los obtenidos para el coeficiente de seguridad, ya que ambos parámetros están relacionados. La zona más tensionada corresponde a las aristas superiores e inferiores del protector A. Un aumento del espesor de sus paredes o una alternativa formal podría suponer una mejora a tener en cuenta en el proyecto ingeniería de detalle de la propuesta real integrada en un casco de mercado.

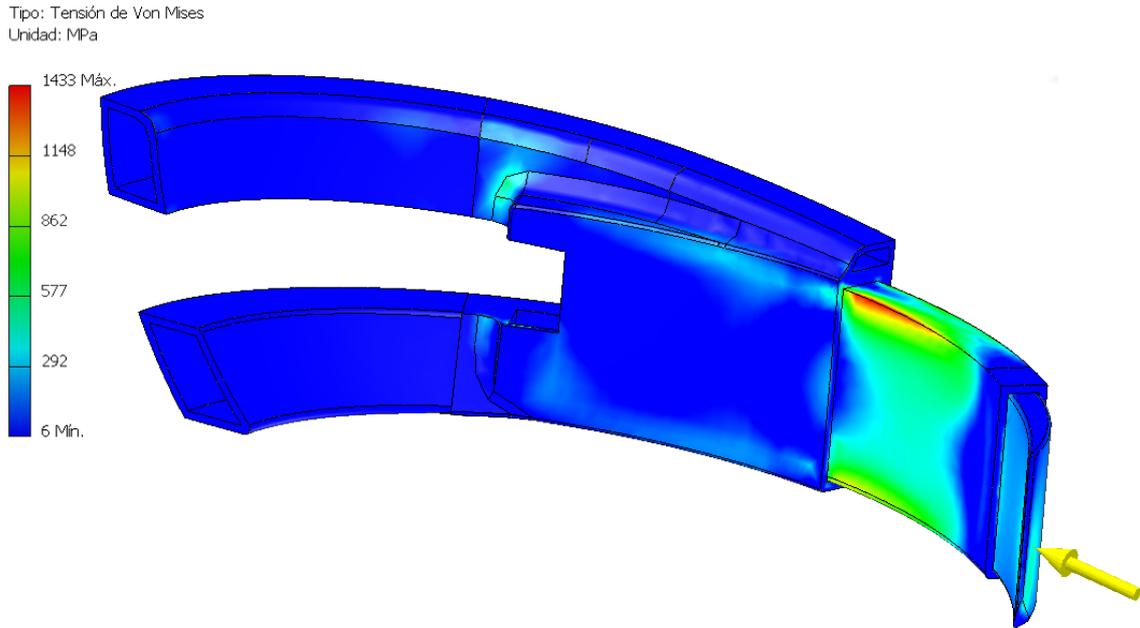
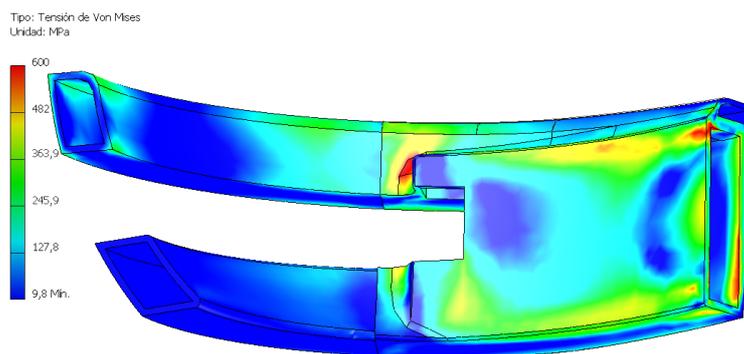


Ilustración 93 Tensiones de Von Mises en la propuesta definitiva

Merece la pena realizar un análisis más detenido de las barras y de la caja, ya que ambas piezas se sitúan en el interior de la calota del casco y son los componentes estructurales que servirán de soporte y de base formal al resto de sistemas que configuran la invención.

Un reajuste en la escala gráfica de tensiones acorde a las capacidades de los materiales, permite visualizar con más claridad la distribución de las mismas en estos componentes.



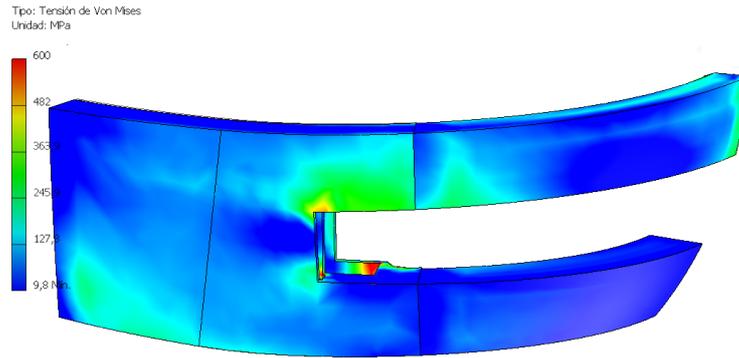


Ilustración 94 Tensiones de Von Mises en la caja y las barras. Cara interna y externa de la propuesta definitiva

Se puede comprobar que en la caja aun persisten zonas muy bien acotadas en las que se desarrollan concentraciones de tensiones, ante lo que se podría actuar introduciendo algunos perfeccionamientos en la forma de este componente. Resulta más interesante comprobar que las barras están muy descargadas, y aún más la inferior que la superior, al igual que algunas partes de la caja. Esto permite hacerse una idea de las superficies que aún pueden asumir holgadamente operaciones de mecanizado, como por ejemplo taladros, con el fin de incorporar el resto de sistemas. Así por ejemplo, el hecho de perforar las caras horizontales de las barras con el fin de hacer un taladro vertical, no supone una merma sustancial en las capacidades estructurales del conjunto. De igual manera, esto ocurre con la cara externa de la caja o con su parte superior.

Respecto a las deformaciones, los resultados de las pruebas de laboratorio muestran que se respetan los límites de habitabilidad del usuario incluso tras el impacto y el despliegue de los protectores. La deformación máxima se sitúa en el extremo libre del protector B, con un valor máximo de 24.22 mm.

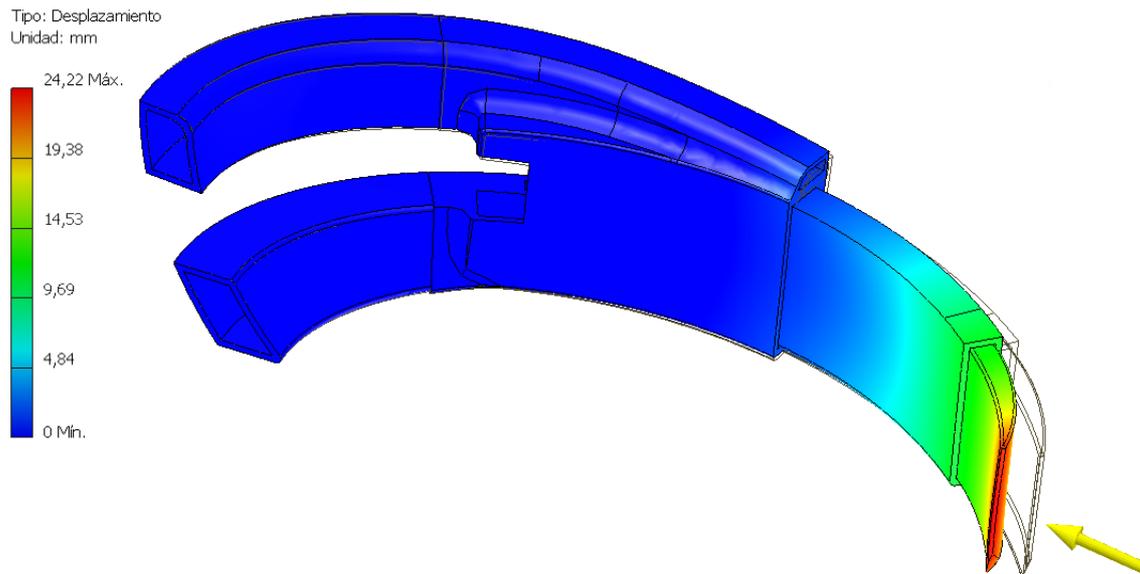


Ilustración 95 Desplazamientos máximos en la propuesta definitiva

Todos los resultados obtenidos del ensayo de la probeta que representa la propuesta definitiva son positivos tanto desde el punto de vista de los esfuerzos como del de las deformaciones, ratificando la integridad y la fiabilidad del sistema resistente de protección en un evento de colisión, y cumpliéndose además a todos los requisitos, tanto globales como específicos definidos en el objeto y el alcance de este diseño.

La propuesta de múltiples estrategias de fabricación certifica la posibilidad de materializar todo el subconjunto mediante medios de producción conocidos, e incluso asentados en la fabricación actual de varios modelos de cascos.

Todo lo anterior, junto con la propuesta del sistema estructural de protección descrito pormenorizadamente, permite certificar la hipótesis de esta investigación al superarse las reservas planteadas inicialmente respecto a la viabilidad de este sistema crítico, que efectivamente se ha logrado desarrollar.

La propuesta de los siguientes sistemas, aunque igualmente importante de cara a la materialización real de la realización preferida escogida, no lo es tanto respecto al resultado de este trabajo de investigación, ya que son sistemas que para su desarrollo, emplean técnicas conocidas de creatividad, diseño e ingeniería.

6.4 PROPUESTA DE PROTOTIPOS DEL SISTEMA IMPULSOR, SENSORIAL Y DE AMORTIGUAMIENTO

6.4.1 ALCANCE Y PROCESO DE DISEÑO ESPECÍFICO

El alcance del diseño del resto de subsistemas auxiliares de la realización preferida, se circunscribe a una serie de indicaciones y soluciones que, siendo perfectamente realizables, tienen como objetivo servir de referencia para la construcción detallada del equipo de protección. Por lo tanto, la propuesta de los sistemas a través de definiciones concretas deberá abordarse en el futuro para la materialización del casco de la invención, siguiendo un proceso parecido al mostrado en la concepción del sistema estructural, en el que se consideren el alcance de la protección de la invención, los aspectos funcionales generales, la selección de materiales adecuada, el diseño formal de componentes y su validación mediante ensayos, que deben incluir pruebas de impacto sobre todo el conjunto acoplado.

El proceso de diseño específico de los subsistemas que se tratan en esta apartado tiene en cuenta los criterios de diseño y la descripción de la realización preferida aunque es más simple y comprende aspectos relacionados con el análisis del estado de la técnica, la creatividad, y la propuesta formal de componentes.

6.4.2 PROTOTIPO DEL SISTEMA IMPULSOR Y DEL SISTEMA DE AMORTIGUAMIENTO

El sistema impulsor es el encargado de proporcionar la energía que activa el sistema estructural de protección y el sistema de amortiguamientos a través de la generación ultrarrápida de un volumen de fluido, que impulsa el despliegue de los protectores así como el inflado de los medios de amortiguamiento.

El sistema de amortiguamiento también sirve para frenar la cabeza del usuario del casco bajo unos niveles de desaceleración aceptables para el cuerpo. Para llevarlo a la práctica, se pueden utilizar varias alternativas, como espumas de diferentes densidades o bolsas infladas. Como ya se ha visto en el apartado del cálculo de la fuerza de impacto sobre el sistema estructural de protección, la fuerza de impacto está íntimamente relacionada con la velocidad en el instante anterior de la colisión,

con la masa de la cabeza y con el tiempo de desaceleración. El sistema de amortiguamiento actúa precisamente sobre esa variable, alargando el periodo de frenado de la cabeza y reduciendo por lo tanto la fuerza de impacto sobre ella.

Otra característica del sistema de amortiguamiento es que además actúa como repartidor de cargas. Efectivamente, la carga que le llega a la mandíbula o la cara en realidad es en forma de presión, que se reparte en la superficie de contacto cara-punto de impacto. Aumentar la superficie de contacto reduce considerablemente la presión que se transmite por el accidente, y por lo tanto las heridas sobre la cabeza.

Otra de las misiones del sistema de amortiguamiento, y que no es menos importante que la anterior, es la retención de la cabeza del usuario en un evento con colisión. Cuando se produce un accidente, hay dos componentes de un casco que evitan el desalojo del cráneo del interior del casco. Uno es el barboquejo, que normalmente se trata de una cinta de tejido anclada a los laterales del casco y que el usuario se abrocha mediante un anclaje operable. El barboquejo es imprescindible para la seguridad y muy efectivo para golpes que se traducen en un tirón vertical sobre el casco, como un golpe posterior. Sin embargo, en un accidente con impacto frontal o fronto-lateral, se produce un desplazamiento relativo de la masa interna del casco hacia adelante, o dicho de otra forma, mientras el casco se detiene súbitamente, la cara del usuario se sigue desplazando hacia adelante y puede golpearse con virulencia contra la mentonera de un casco integral, o los protectores del casco de la invención. Para conseguir el efecto de amortiguamiento y de protección, los sistemas de amortiguamiento en forma de almohadillas que se pueden ver en los cascos integrales, no alcanzan la parte frontal de la mentonera. Esto no es necesario ya que considerando la fisionomía de la cara del ser humano, unas almohadillas carrilleras pueden servir de apoyo con las suficientes garantías para cumplir esas dos misiones. Además, la función respiratoria podría verse impedida si se disponen elementos fijos sobre la boca.

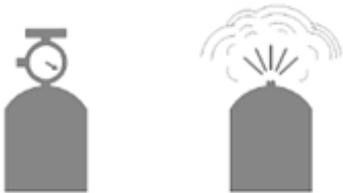


Ilustración 96 Almohadillas carrilleras como medios de amortiguamiento en un casco integral

El diseño de estos sistemas está íntimamente relacionado con el cumplimiento de varios objetivos globales de diseño planteados en el apartado 6.2 donde se define el objeto del desarrollo de la realización preferida. En el caso del sistema impulsor, son dos los objetivos globales de diseño que más se relacionan con su funcionamiento: el concerniente con la usabilidad y el referente a la rapidez. En el primer caso, se determinó que el sistema diseñado debe poder funcionar y mantenerse operativo a lo largo de la vida promedio de un casco normal lo que desaconseja el empleo de baterías para generar impulsos eléctricos de activación. En el segundo, se consideró que las soluciones deben ser suficientemente rápidas como para que estén disponibles en el momento adecuado y así proporcionen la función defensiva. En el caso del sistema de amortiguamiento, además debe cumplir con los objetivos de compatibilidad, es decir respetar el volumen que ocupa la cabeza incluso tras la colisión, con el de la velocidad, es decir desplegarse de forma casi instantánea, y con el de la resistencia. En este último caso, debe entenderse que la función portante y defensiva le corresponde al sistema resistente de protección ya planteado. El papel resistente del sistema de amortiguamiento está relacionado con su capacidad de acolchonamiento, manteniendo su integridad en el proceso, lo que no incluye la disipación de la energía de impacto o la resistencia a la abrasión por deslizamiento. Estos dos últimos cometidos los asume el sistema resistente de protección a través de los protectores A y B.

Con estas consideraciones y aplicando técnicas de creatividad mediante analogías y asociaciones de palabras, tales como las empleadas en el diseño del sistema estructural, se obtiene una lista de vocablos que proporcionan ideas de diseño para estos sistemas.

Tabla 24 Ideas para conceptos del sistema impulsor y de amortiguamiento

Concepto	Asociación- Analogía	
Rapidez	- Explosión-> Reacción química	
Gas	- Presión -> Depósito, bombona, tanque, válvula	

El estado de la técnica muestra que efectivamente existen varios mecanismos para la generación súbita de un volumen de gas, que se remontan a las primeras propuestas sobre métodos de impulso de dispositivos móviles a partir de gases, como por ejemplo para la propulsión de cohetes.

Por un lado, se encuentran los generadores de gas que funcionan a partir de un depósito que contiene un gas a presión o una combinación de gases, que se liberan rápidamente mediante la apertura de una válvula [72] [73]. Las ventajas que ofrecen estos sistemas están relacionadas con la simplicidad de operación, aunque a medida que la demanda de presión y velocidad de producción de gas es más exigente, las paredes del contenedor que los contiene deben ser más gruesas, lo que repercute en el tamaño y peso del equipo.

Otra opción, es la utilización de generadores de gas pirotécnicos, que se basan en un propelente condensado (sólido o en forma de pasta) estable en condiciones normales, que, tras ser excitado con un aumento de temperatura, reacciona químicamente generando grandes cantidades de gas. Mediante este tipo de tecnología, se consiguen sistemas muy ligeros que además son estables a temperatura ambiente [74]. Por otra parte, su durabilidad no depende de las condiciones de un depósito a presión.

Una tercera opción es un sistema mixto de los otros dos formado por dos etapas. Por una parte, se tiene el sistema principal de generación de gas mediante un sistema pirotécnico y una reacción química. Debido a que estas reacciones suelen ser exotérmicas, los productos gaseosos suelen estar calientes [75] y para enfriarlos, se recurre a la utilización de generadores de gas fríos, que suelen ser depósitos a presión con un gas o mezcla de gases.

Por lo tanto, para la realización del sistema impulsor se propone la utilización de un generador de gas pirotécnico, que podrá estar complementado con otras etapas de enfriamiento si se considera conveniente. Las partes que componen el sistema impulsor deben ser al menos un detonador de la reacción química y un propelente generador de gas. La activación del detonador se relaciona con el sistema sensorial, que es el que detecta el evento de impacto y transmite la variable de impacto que inicia la detonación y desencadena la reacción.

En el caso del sistema de amortiguamiento, la opción determinada ya en la descripción de la realización preferida es una bolsa inflable, pero que lo hace a partir del gas que se genera en el sistema impulsor. El sistema impulsor por lo tanto proporciona la energía de despliegue tanto de los protectores A y B, como de la bolsa

inflable, que está plegada en la utilización normal del casco al igual que los protectores A y B. Cuando se produce un accidente, las bolsas se inflan instantáneamente sobre los protectores, garantizando una desaceleración asumible por el cuerpo del usuario. Existen múltiples soluciones en el estado de la técnica para la fabricación de bolsas inflables como medios de amortiguamiento, como por ejemplo los airbags de Nylon en la industria del transporte o las bolsas empleadas para amortiguar aterrizajes de los rovers de exploración marciana, como las usadas en la misión Pathfinder [76].

El diseño formal de las bolsas inflables puede ser muy variado, pero su tamaño no debería ser diferente al de las almohadillas carrilleras que ya se usan en cascos integrales o abatibles.

A continuación se relacionan los componentes de los sistemas de impulsión y de amortiguamiento, además de una serie de recomendaciones y directrices pormenorizadas para su puesta en práctica.

6.4.2.1 Detonador

La propuesta para el detonador se basa en las capsulas fulminantes que ya se emplean ampliamente en la industria armamentística o de seguridad de vehículos, y se trata de un encapsulado que reacciona explosivamente ante una deformación súbita por el impacto que recibe de un percutor comprendido en el sistema sensorial. La deflagración que se produce tras la percusión debida la reacción química instantánea exotérmica del fulminante, proporciona un gradiente de temperatura que sirve de iniciador de la reacción de propelente. Los compuestos aptos para la materialización del fulminante pueden ser cualesquiera de sensibilidad alta, como los basados en nitrato de bario empleados como estándar en los detonadores militares M55 [77].

Como se puede comprobar más adelante, el volumen que ocupa este sistema y las restricciones formales que impone su integración en un casco, hace que la capsula fulminante y el propelente se sitúen a cierta distancia, lo que puede dificultar la relación entre ambos. Para superar este inconveniente es necesario realizar pruebas de propagación de la deflagración del detonador hasta propelente que aseguren un buen comportamiento. En el caso de que la capacidad de propagación no sea suficiente para la ignición de la reacción de generación de gas, puede ser conveniente emplear una mezcla de ignición intermedia, situada entre ambos

subsistemas que multiplique los efectos del detonador tales como los usados en la fabricación de proyectiles.

6.4.2.2 Propelente

El propelente se compone de un material inerte a temperatura ambiente, que se presenta en forma de cápsulas o píldoras, y que reacciona súbitamente cuando se inflama, generando grandes volúmenes de gas. De entre todas las opciones a considerar, hay que utilizar aquellas que proporcionen un gas inocuo para el usuario del casco ya que en el proceso de despliegue se pueden producir fugas o desagües intencionados que alivien la presión del sistema una vez que haya hecho su trabajo.

Una opción a considerar son los compuestos de sales de azidas, como la azida de sodio (NaN_3). Estas sales reaccionan químicamente a partir de la detonación del fulminante, descomponiéndose en varios subproductos, siendo uno de ellos gas a alta presión generado de forma ultrarrápida. La energía de activación de la reacción es relativamente baja, del orden de los $300\text{ }^\circ\text{C}$, y como se indica anteriormente se aporta por la deflagración del fulminante.

La descomposición desencadenada produce nitrógeno, que es un gas inocuo para la salud, pero además produce metal de sodio altamente reactivo y que resulta peligroso. Por eso se debe de acompañar la sal con una mezcla de nitrato de potasio y dióxido de silicio que neutraliza los subproductos no deseados. Los compuestos de partida se descomponen en varias reacciones químicas que se suceden tras la primera descomposición de la azida de sodio, de la siguiente forma [78]:



Tras la primera reacción, en la que se genera la mayor parte del nitrógeno gaseoso (N_2) que impulsa el dispositivo, se genera también sodio (Na) muy reactivo. En la segunda reacción, el sodio reacciona con el nitrato de potasio para producir óxido de potasio (K_2O), óxido de sodio (Na_2O), que también son altamente reactivos, y más nitrógeno gaseoso (N_2) que se junta con el obtenido en la primera reacción para aportar aun mas impulso al sistema. En la tercera reacción, los óxidos producidos en la segunda se neutralizan al relacionarse con dióxido de silicio (SiO_2) para producir un silicato alcalino ($\text{Na}_2\text{K}_2\text{SiO}_4$), que es un producto inofensivo y estable.

Utilizando como propelente el compuesto anterior, se puede hacer una estimación simplificada de la cantidad necesaria del mismo para proporcionar energía al sistema y que los protectores y las bolsas se desplieguen correctamente.

Tomando un tiempo para el despliegue del elemento de 2 ms, que se corresponde a la mitad del tiempo estimado para el cálculo de la fuerza de impacto, y que la distancia a recorrer por el infinitésimo más alejado de los protectores y de la bolsa desde la posición replegada son 20 cm y 6 cm respectivamente, se puede deducir las velocidades máximas de los elementos resultando en:

$$v = \Delta s / \Delta t$$

$$v_{protector} = 100 \text{ m/s}$$

$$v_{bolsa} = 30 \text{ m/s}$$

Las distancias recorridas por los elementos se toman del modelo construido para el diseño del sistema de protección y el sistema de amortiguamiento.

Suponiendo que la fuerza se aplica desde la parte posterior de una masa en reposo que representa a los componentes, con el objeto de acelerarlas hasta alcanzar las velocidades calculadas y que la trayectoria simplificada para el despliegue es recta, se puede deducir la aceleración uniforme necesaria para producir tal efecto:

$$\Delta v^2 = 2a\Delta s$$

$$a_{protector} = 25000 \text{ m/s}^2$$

$$a_{bolsa} = 7500 \text{ m/s}^2$$

La masa de los protectores A y B es de 0.070 kg y 0.072 kg respectivamente. Para una bolsa de nylon del tamaño requerido, se puede estimar su peso en 0.050 kg, aunque se aumenta hasta los 0.100 kg para compensar el trabajo de desdoblado de la misma y los correspondientes rozamientos internos. Mediante la segunda ley de Newton se puede obtener la fuerza de impulso de los elementos:

$$m a = F_i$$

$$F_{i \text{ protector}} = 3550 \text{ N}$$

$$F_{i\ bolsa} = 750\ N$$

La presión es la fuerza distribuida por la unidad de área. Para obtener la presión necesaria sobre cada componente, se debe estimar el área sobre la que actúa la fuerza de impulsión. Mediante al modelo del diseño de los protectores y del sistema de amortiguamiento es fácil obtener los valores de esa superficie.



Ilustración 97 Superficies para la impulsión de los protectores en la parte posterior, y de las bolsas en el agujero de salida

En el caso de los protectores, esta área corresponde a la parte posterior de los mismos cuando se encuentran replegados en el interior de la caja. En el caso de las bolsas se toma la opción desfavorable de que el área de impulsión es el agujero de salida de las mismas, y no se considera que aumenta a medida que se van inflando.

$$P_i = F_i / A$$

$$P_{i\ protector} = 3,63\ 10^6\ Pa$$

$$P_{i\ bolsa} = 2,81\ 10^6\ Pa$$

El nitrógeno que se obtiene de las reacciones químicas anteriores es un gas inerte cuyo comportamiento se puede aproximar al de un gas ideal a las temperaturas y presiones de operación. La ecuación general de comportamiento de los gases ideales indica que es posible determinar la cantidad de materia de partida para generar las presiones y los volúmenes necesarios para el despliegue de los sistemas.

$$P V = n R T$$

Donde P y V son la presión de impulso y el volumen final del gas expandido respectivamente, n es el numero de moles de la sustancia gaseosa que ocupan el

volumen final, R es la constante universal de los gases ideales, y T es la temperatura a la que ocurre la expansión.

Considerando $V_{\text{protector}} = 0.1786 \text{ L}$; $V_{\text{bolsa}} = 0.0363 \text{ L}$; $R = 0.08205 \text{ L} \cdot \text{atm/mol} \cdot \text{K}$;
 $P_{i \text{ total}} = 63.56 \text{ atm}$ y $T = 800 \text{ K}$ [79]

$$n_{\text{nitrógeno}} = 0.208 \text{ mol}$$

La relación molar del al primera reacción entre el nitrógeno gaseoso y la azida de sodio es 3 a 2, con lo que se puede determinar el número de moles de NaN_3 necesarios para producir el gas. La sobreproducción de gas a través de la segunda reacción no se considera. En cualquier caso, el exceso de gas de esa reacción o el debido a la sobredimensión atribuida a las simplificaciones adoptadas, se desecha a través de aliviaderos una vez se haya producido el despliegue tras el accidente.

$$n_{\text{azina de sodio}} = 0.312 \text{ mol}$$

La masa molecular de NaN_3 es conocida (65.0099 g/mol), al igual que su densidad (1.846 g/cm³) con lo que es trivial saber el volumen que ocupa el propelente necesario en estado sólido para el funcionamiento de todo el equipo.

$$Peso_{\text{azina de sodio}} = 21 \text{ g}$$

$$V_{\text{azina de sodio}} = 36 \text{ cm}^3$$

El cálculo simplificado se ha realizado para obtener el volumen que ocupa el propelente sólido necesario para impulsar sobradamente los protectores del sistema estructural de protección y las bolsas del sistema de amortiguamiento. Como se ha comentado, el volumen de gas sobrante, se debe desaguar del sistema a través de agujeros de venteo dispuestos al efecto, a través de un escape que se dirija al exterior del casco.

Hay otras opciones para la elección del propelente que además aportan otras ventajas respecto al recomendado anteriormente, como por ejemplo los no azídicos [80], [81], [82], [83] que generan gases mediante reacciones químicas igualmente iniciadas por la detonación del fulminante, aunque con subproductos menos contaminantes y con un rendimiento mayor en la generación de especies gaseosas por unidad de masa del propelente. En cualquier caso, para la materialización de un casco comercializable, siempre será necesario un ensayo de comportamiento para

analizar las propiedades del sistema de propulsión y de amortiguamiento en un entorno controlado.

Las reacciones químicas anteriores se inician a temperaturas moderadas, del orden de 300 °C para la azida de sodio, y producen gases calientes [84]. Para evitar quemaduras en la piel [85], se proponen los siguientes perfeccionamientos a considerar en el proyecto de desarrollo del casco, que deberán ser especificadas por el equipo de ingeniería de detalle.

La primera consideración para evitar posibles daños por temperatura es separar adecuadamente las fuentes de calor de la cabeza. Se deben disponer los compuestos de partida en un recipiente aislado térmicamente del resto de las partes del casco, sobre todo en la cara interna, más cercana a la piel del usuario.

La segunda propuesta es incluir sistemas de enfriamiento de los gases generados en etapas de postproceso. Una opción es incluir aletines de enfriamiento a la salida del contenedor donde se realiza la reacción química, de forma que el nitrógeno producido llegue a una temperatura menor a los protectores y a las bolsas. Otra opción es añadir una etapa química de acondicionamiento, de forma que el gas caliente pasa por un lecho que contiene unos compuestos que se descomponen mediante una reacción endotérmica que consume parte del calor de los gases [86]. Si lo anterior no es suficiente, se puede incluir un segundo sistema de generación de gas frío. El generador de gas frío produce un gas refrigerante que se mezcla con el producido en la reacción química, reduciendo la temperatura del combinado.

Como ya se ha indicado, los generadores fríos suelen ser contenedores que alojan un gas o una mezcla a presión. Si el tamaño o el peso del generador de gas frío no es el adecuado, se puede transformar en un sistema de impulsión o de enfriamiento independiente y dedicado a las bolsas de inflado. El volumen necesario para el llenado de las bolsas es muy bajo, y el contenedor con los gases a presión no resulta por lo tanto tan pesado o voluminoso. De esta forma se consigue inflar las bolsas con un gas frío, y además se separa térmicamente la cabeza del usuario del resto de sistema con una barrera de gas, que en general resulta un muy buen aislante.

6.4.2.3 Contenedores

El diseño formal del contenedor del sistema impulsor y del contenedor sistema de amortiguamiento debe poder acoplarse a los volúmenes del sistema estructural de protección y a las superficies límite establecidas para el cumplimiento de los requisitos

globales de forma, usabilidad, compatibilidad y ligereza, tal y como ya se ha hecho para la propuesta de prototipos del sistema de protección. Además, en su interior debe haber suficiente espacio para alojar en un caso el propelente y el detonador, y en el otro las bolsas inflables plegadas.

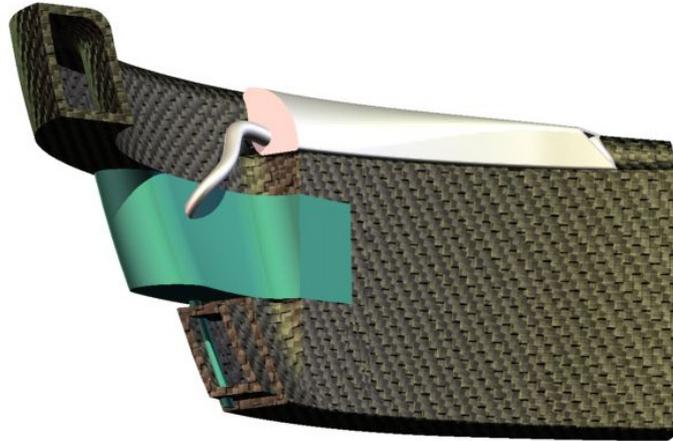


Ilustración 98 Contenedores del sistema de impulsión y de amortiguamiento acoplados

La figura anterior muestra la forma del contenedor del sistema de amortiguamiento que contiene las bolsas plegadas en su interior. La localización de este contenedor es en la parte superior de la caja, y su forma alargada se amolda a las superficies de la misma que están orientadas hacia el interior del casco. Hasta este contenedor llega un conducto que parte del sistema de impulsión y que transporta el gas que despliega las bolsas.

La figura también muestra el contenedor del sistema impulsor, que se relaciona con el anterior mediante la conducción referida para el transporte del gas de inflado, y con la parte abierta posterior de la caja, por donde se inyecta el gas que despliega los protectores. En su cuerpo interior se encuentra el propelente y el detonador que inicia la reacción química generadora de gas. La realización concreta de este componente puede que además deba incluir un sistema de refrigeración mediante aletines, o mediante otros compuestos químicos, o mediante un subsistema de gas frío presurizado, y un filtro que retenga las partículas sólidas de la sal que por cualquier razón no llegan a consumirse en la reacción química para generar gas.

La cápsula fulminante se localiza en el extremo de la parte inferior del cuerpo del contenedor, y se comunica con el propelente a través de un cilindro ascendente. Este cilindro puede acoger además una mezcla de ignición intermedia, en caso de que las conclusiones de las pruebas de propagación de la deflagración así lo recomienden.

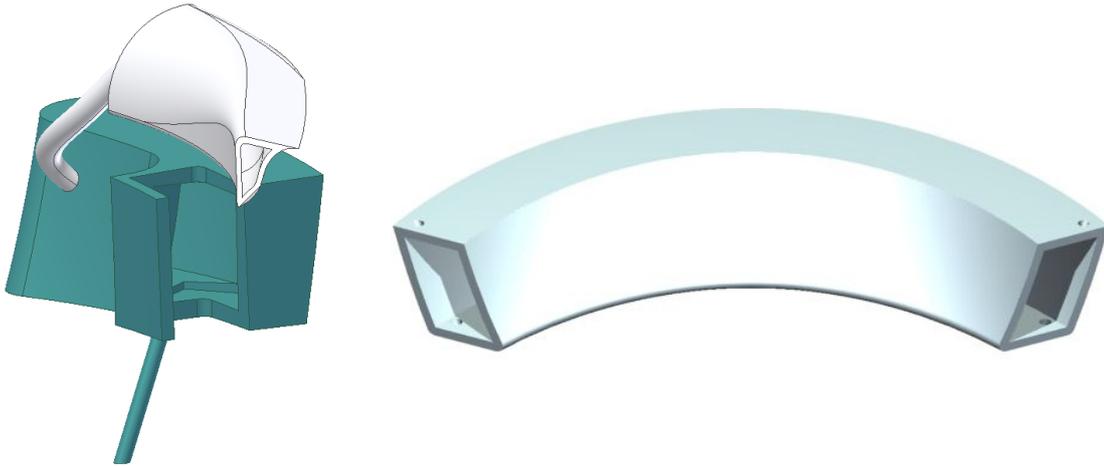


Ilustración 99 Contenedores del sistema de impulsión y de amortiguamiento. A la derecha, barras agujereadas

La disposición de este cilindro hace que parte de la barra inferior y de la caja deban ser perforadas en sus extremos. La realización de estos agujeros no compromete la integridad del sistema estructural, ya que tal y como se concluye en su análisis tensional, estas zonas están muy descargadas y admiten perfectamente este tipo de operaciones.

Los volúmenes que ocupan ambos sistemas se integran dentro de los espacios que ha dejado libres el sistema estructural de protección. Así por ejemplo, el contenedor del sistema de impulsión se sitúa entre ambas barras, pudiendo extenderse aún más hacia la parte posterior del casco en caso de que el diseño de producción requiera un volumen mayor. El contenedor del sistema de amortiguamiento se emplaza sobre la caja, adaptándose a las formas sinuosas del extremo superior de la misma. En todos los casos, la anchura total que ocupan los sistemas sigue el patrón definido para el diseño del sistema estructural de protección, respetando los límites necesarios para la ocupación de la cabeza del usuario, incluyendo el relleno interior del casco.

El del barboquejo es un sistema habitual en la construcción de cascos para asegurar la retención de la cabeza, e impedir que el casco salga despedido en un accidente. Normalmente se trata de una cinta de material textil, que se ancla a los laterales de la carcasa mediante uniones mecánicas, como remaches o tornillos. En los cascos de motociclismo, esta cinta está parcialmente oculta tras el relleno de protección y/o las almohadillas de confort, y solo se muestra la parte que se abrocha por debajo de la mandíbula. En el diseño de esta realización preferida se ha previsto que la cinta del barboquejo discorra por encima de la caja del sistema de protección, pues sus

superficies suavizadas no interceden en su función y no suponen un riesgo de desgarro de la misma por cortadura.

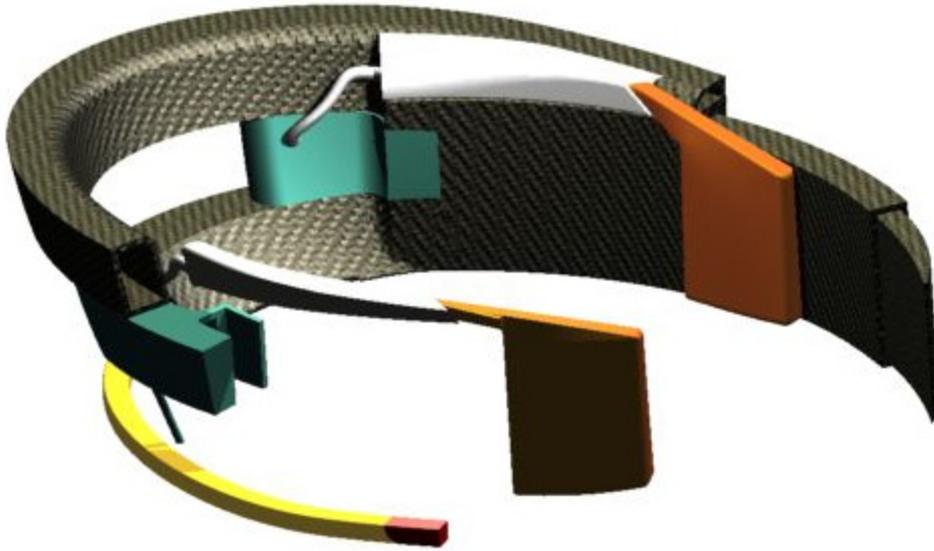


Ilustración 100 Sistema de impulsión y de amortiguamiento con las bolsas desplegadas sobre los protectores

Tal como se ha indicado, las bolsas se despliegan tras una colisión, empujadas por el gas que se genera en el sistema de impulsión. El origen del despliegue se sitúa en el contenedor correspondiente, situado en la parte superior de la caja. La forma de las bolsas y su plegado deben ser diseñados para que en su trayectoria de inflado sigan a los protectores, reposando sobre ellos.

6.4.3 PROTOTIPO DEL SISTEMA SENSORIAL

El sistema sensorial se responsabiliza de varias tareas que comprenden la detección del impacto, determinar si esa colisión es lo suficientemente grave como para desplegar los elementos de protección y de amortiguamiento, y transmitir la señal iniciadora al detonador del sistema de impulsión, que activa todo el proceso defensivo.

Los objetivos globales de diseño que más se relacionan con el diseño de este sistema son los de usabilidad ya que no puede funcionar con fuentes de energía eléctrica, el de rapidez pues la activación del sistema impulsor debe ser casi instantánea, y el formal pues debe ser compatible con los volúmenes de un casco abierto y con el resto de sistemas diseñados.

Para llevar a cabo las tareas encomendadas a este subsistema se realiza una propuesta con las siguientes partes fundamentales: barra, transmisor y sensor.

6.4.3.1 Barra

La barra es un componente rígido situado en la parte frontal del casco que se une al visor y es abatible solidariamente a él. Es un elemento ligero, y su función principal no es resistente. La barra es el primer elemento del casco que impacta en una colisión frontal o fronto-lateral. La energía de impacto discurre por la barra hasta el siguiente componente del sistema que se relaciona con ella, es decir, el sensor.

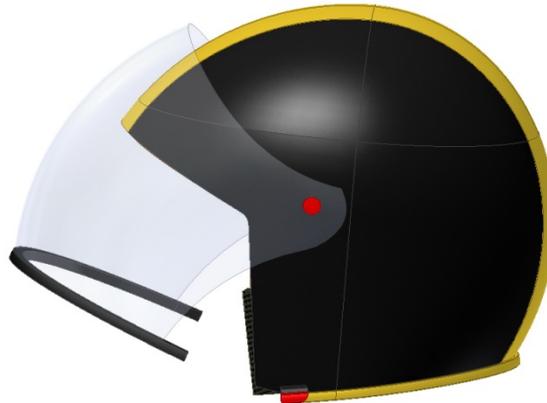


Ilustración 101 Barra unida al visor del casco

De alguna forma la barra se asimila a un palpador que detecta el impacto. Sus características mecánicas deben estar orientadas a asegurar su rigidez, para que de forma confiable transfiera la fuerza de impacto al sensor sin que se deforme demasiado. En un evento de colisión, es admisible que la barra se destruya tras realizar su misión, ya que la energía de impacto es asumida por el sistema estructural de protección.

6.4.3.2 Transmisor

El transmisor de la variable de impacto, se activa por orden del sensor y desencadena la percusión del fulminante que se encuentra en el sistema impulsor. El envío de esta señal se hace a través de un elemento mecánico, un vástago plano guiado, en cuyo extremo se encuentra una aguja percutora. El movimiento de este vástago es casi instantáneo y se impulsa por el efecto de un resorte precargado instalado en el sensor.

La posición del fulminante en el sistema impulsor está alejada del sensor, que se encuentra en los límites frontales de la carcasa.

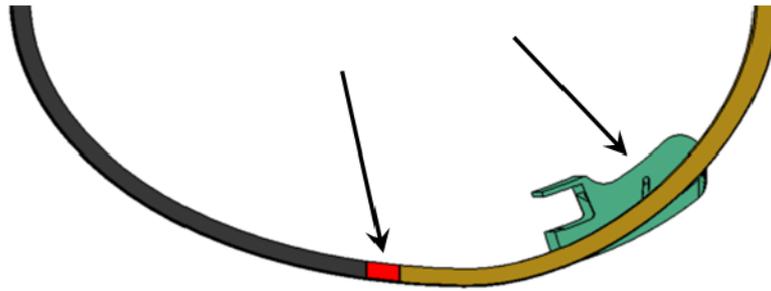


Ilustración 102 Posición del sensor y del detonador

La trayectoria que debe recorrer el vástago no puede ser una recta debido a la configuración del sensor, donde se aloja el muelle que desplaza este elemento. Además, se deben respetar las superficies límites y el espacio necesario para retirar y poner el casco y las guías por las que circula el vástago se deben colocar sobre un elemento rígido que les proporcione estabilidad y soporte.

Todas estas consideraciones conducen a la propuesta de un vástago guiado curvado en base a un arco circular, que se dispone en la parte inferior de la caja y de las barras del sistema de protección. En un extremo se incluye la aguja de percusión, encarada con el detonador del sistema de impulsión. El otro extremo está apoyado en un muelle precargado del sensor.

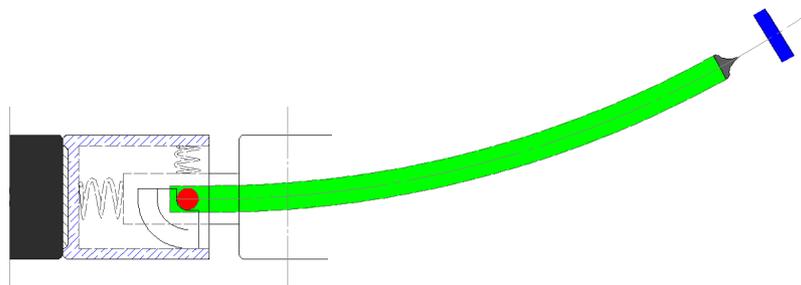


Ilustración 103 Boceto del vástago curvo con el percutor enfrentado al detonador

6.4.3.3 Sensor

Para la propuesta del sensor se ha recurrido al examen de la tecnología que se utiliza en la construcción de sistemas de activación por presión y sin alimentación externa, como por ejemplo sensores aplicados a básculas o gatillos armamentísticos. Más concretamente, el diseño que se ofrece se basa someramente en una espoleta detonadora militar activable con presión [87] aunque rediseñada para adaptarla a la función sensorial del sistema.

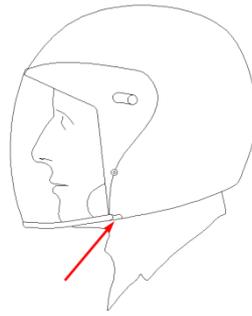


Ilustración 104 Localización del sensor izquierdo, a continuación de la barra

El sensor se construye mediante dos cuerpos con capacidad de movimiento relativo entre sí (A y B), un conjunto de resortes y una bolita de retención (1).

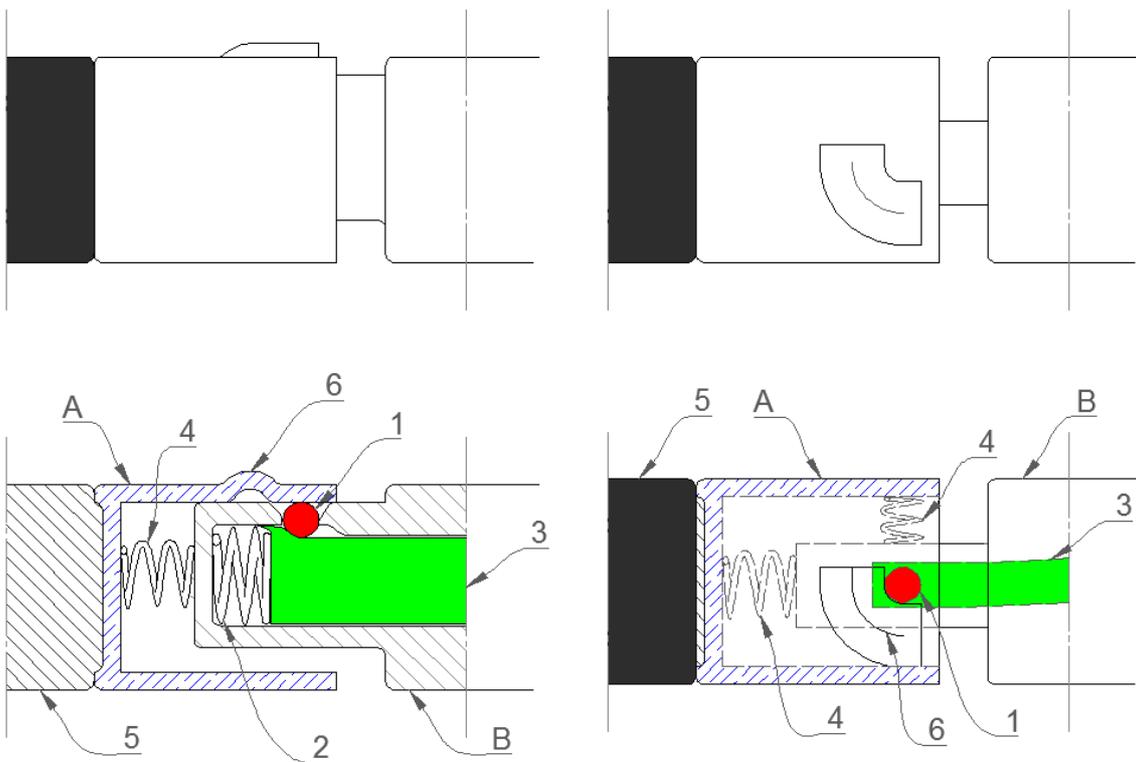


Ilustración 105 A la izquierda vista lateral y sección del sensor izquierdo. A la derecha, vista superior y sección

Uno de los cuerpos (B) actúa como base y contiene el resorte precargado (2) que impulsa el vástago (3) en cuyo extremo está el percutor. Este cuerpo también aloja el propio vástago guiado (3) y las guías que lo conducen hasta el detonador. El otro cuerpo (A) se mueve respecto al anterior debido a los desplazamientos inducidos por la barra (5), que se inserta en él cuando se cierra el visor del casco. Este cuerpo dispone de dos resortes calibrados (4) en dos direcciones perpendiculares, que le dan la sensibilidad al impacto. Además comprende un pliegue semicircular (6) en la parte superior, que actúa como hueco de escape para la bolita de retención (1). La bolita

de retención (1) mantiene el dispositivo estable y preparado para iniciar el sistema de impulsión.

En el proceso de una colisión, por ejemplo frontal, se produce una presión inducida por la barra (5) sobre el cuerpo A, que a la vez comprime el resorte (4) del sensor. Si la presión supera los límites definidos por capacidad elástica del resorte (4), se produce un desplazamiento completo del cuerpo A, de forma que el pliegue semicircular (6), se sitúa sobre la bolita de retención (1). En ese punto, la bolita de retención se libera, desplazándose hacia arriba y permitiendo que el vástago (3) se mueva libremente hacia el detonador.

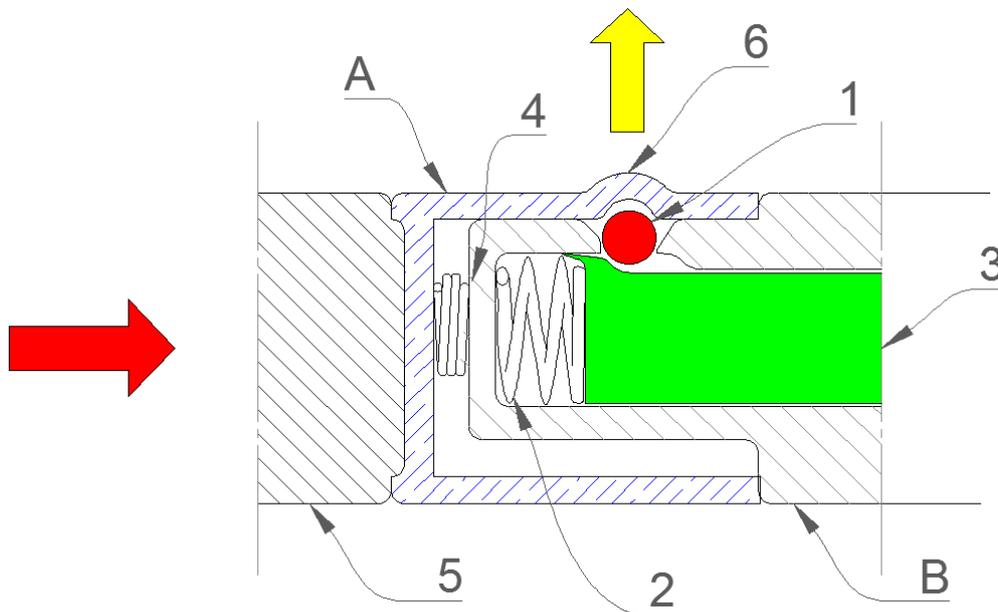


Ilustración 106 Sensor en un evento de impacto

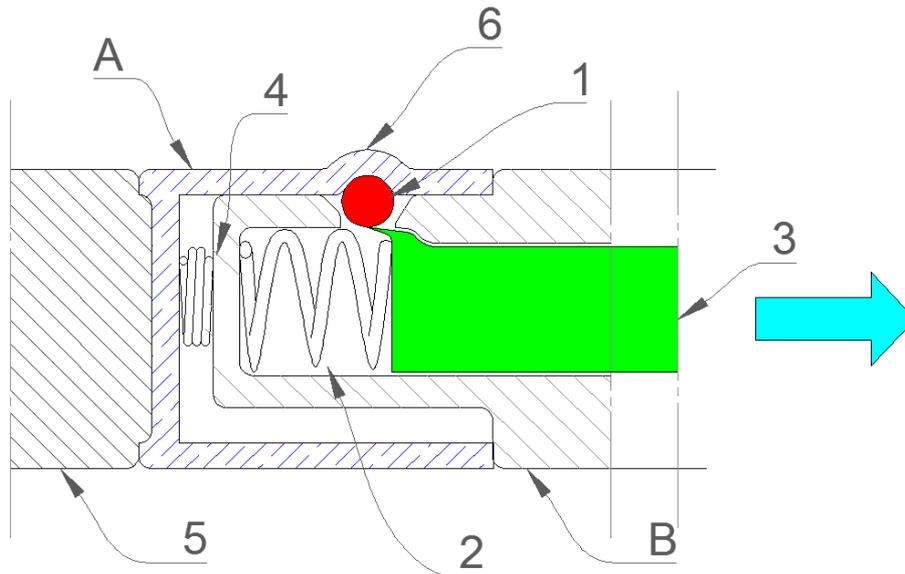


Ilustración 107 Sensor en un evento de impacto, con el vástago liberado

A medida que la bolita (1) dispone de espacio en el pliegue (6), es empujada por el propio vástago (3) gracias a su diseño formal en ese extremo. A su vez, el vástago es empujado por el muelle comprimido (2) comprendido en el mismo cuerpo (B). Cuando la bolita (1) está totalmente alojada en el pliegue (6), el vástago se mueve sin impedimento, transportando en su otro extremo la aguja de percusión que impacta en el detonador del sistema de impulsión.

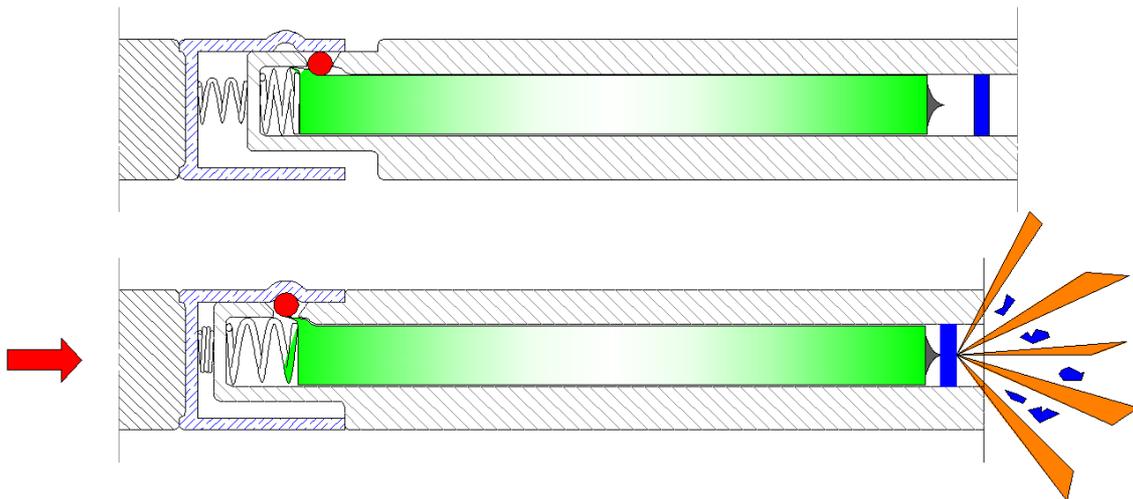


Ilustración 108 Activación del sistema impulsor por percusión del detonador.

Los resortes del cuerpo A que se mueven empujados por el acoplamiento con la barra, se pueden materializar también con elastómeros o con otras estructuras deformables, que al hacerlo dispongan el pliegue sobre la bolita, iniciando todo el proceso de disparo. La elasticidad de estos resortes es vital en la implementación definitiva de la invención, pues determinan la sensibilidad de todo el conjunto y establecen el

momento en el que un impacto es lo suficientemente significativo como para desplegar todo el sistema de defensa. La disposición de dos resortes en direcciones ortogonales permite la detección de impactos frontales y también fronto-laterales, atendiendo de esta forma a todas las variedades de accidente que puede producir heridas en la mandíbula.

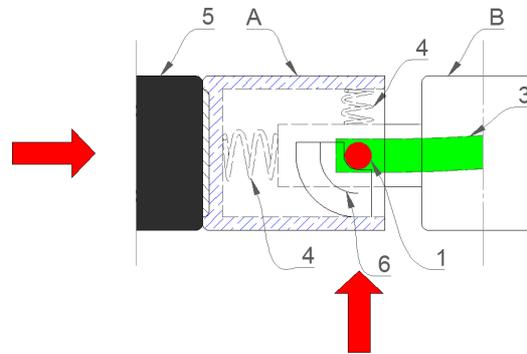


Ilustración 109 Resortes ortogonales y direcciones de impacto

Un perfeccionamiento del sistema sensorial puede ser la introducción de un sistema de enclavamiento o de seguridad de operación, que se relacione con él. Este nuevo sistema debe impedir el despliegue accidental del sistema en el caso de un golpe fortuito.

El diseño propuesto ya se anticipa a este tipo de situación mediante dos elementos. El primero, es la calibración de la elasticidad de los resortes del sensor. Una graduación adecuada de la rigidez, hace que los pequeños golpes no sean suficientes como para desplazar completamente el cuerpo A y así liberar el vástago. El segundo, es el hecho de que para que el sensor active el sistema impulsor, la barra debe estar en contacto con él, y esto no ocurre a menos que el visor esté bajado. En la utilización normal de un casco, no es raro que el usuario mantenga el visor cerrado solamente cuando el casco esta operativo, cubriendo la cabeza. Por otra parte, cuando el casco se retira o se pone, primero hay que abrir el visor para que la maniobra resulte más cómoda, con lo que un disparo accidental durante ese proceso es prácticamente imposible.

Cuando se establecieron los requisitos globales de diseño, se mencionó que es posible aumentar en una o dos operaciones el algoritmo de puesta, ajuste y retirada del casco, manteniendo la simplicidad. Por lo tanto, para evitar el accionamiento inintencionado, se puede también incluir un sistema adicional de enclavamiento operado manualmente por el usuario, y que actúe sobre la bolita de retención, el vástago, o los componentes asociados a ellos, impidiendo su liberación. Este sistema adicional puede ser en forma de interruptor, de forma similar a los utilizados en los

cascos de motociclismo para abrir canales de ventilación o para activar unas gafas de sol incorporadas.

Otras alternativas de enclavamiento pueden ser también desarrolladas, aprovechando los procesos que normalmente se realizan para ponerse el casco, como por ejemplo abrocharse el barboquejo.

Teniendo en cuenta los bocetos propuestos y las consideraciones anteriores, se realiza el acoplamiento del sistema sensorial sobre los otros sistemas ya diseñados, respetando las relaciones necesarias para el funcionamiento de todo el equipo.

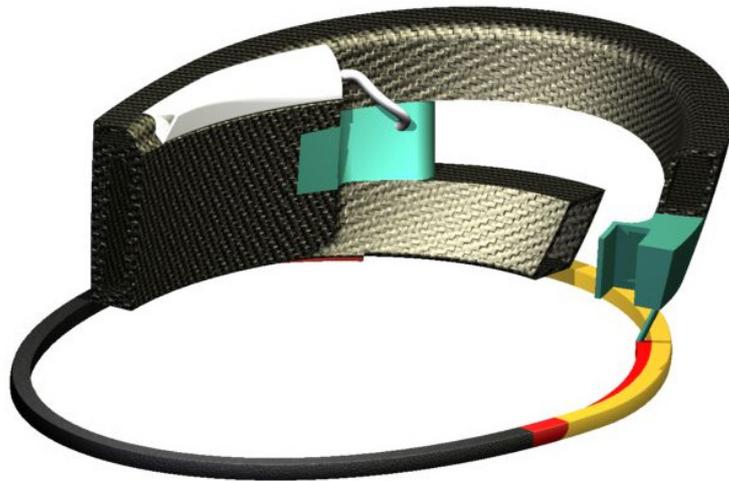


Ilustración 110 Vista parcial de los sistemas. El detonador del sistema de impulsión se mantiene en la trayectoria del percutor, con el vástago curvo guiado.

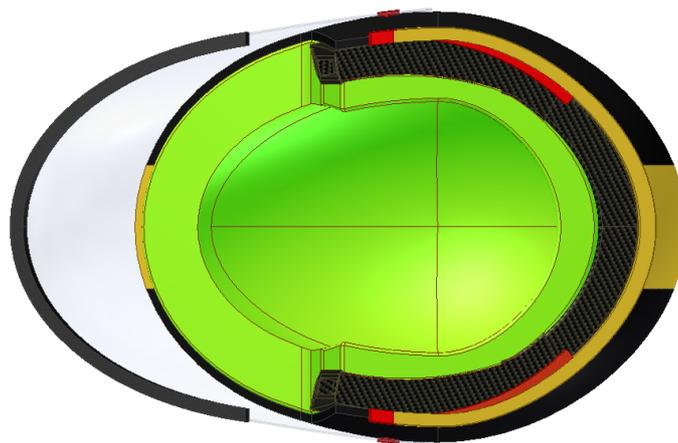


Ilustración 111 Sistema sensorial instalado en la parte inferior de la caja y las barras de sistema estructural de protección

6.5 RESULTADO FINAL ACOPLADO

A lo largo de los apartados anteriores se ha propuesto el desarrollo de una realización preferida de la invención en la que todos los sistemas que la componen cumplen los criterios de diseño y los requisitos globales planteados inicialmente, y además se relacionan entre sí formando un dispositivo compacto y acoplable, que resulta en un casco de tipo abierto Jet pero que proporciona una protección integral, incluyendo la zona mandibular de la cabeza.

En el diseño y en las soluciones propuestas para cada componente de los sistemas, se han tenido en cuenta restricciones formales con el objetivo de asegurar la usabilidad y la compatibilidad, respetando siempre la apariencia de casco abierto exigida al dispositivo.

Todas las consideraciones y diseños resuelven favorablemente la hipótesis de partida mediante la propuesta final específica, que se muestra en las siguientes figuras y bocetos, y que resumen el resultado final de todo el proceso inventivo.



Ilustración 112 Casco de tipo abierto con sistema de protección integral.



Ilustración 113 Casco de tipo abierto con sistema de protección integral con los sistemas expuestos, sin relleno

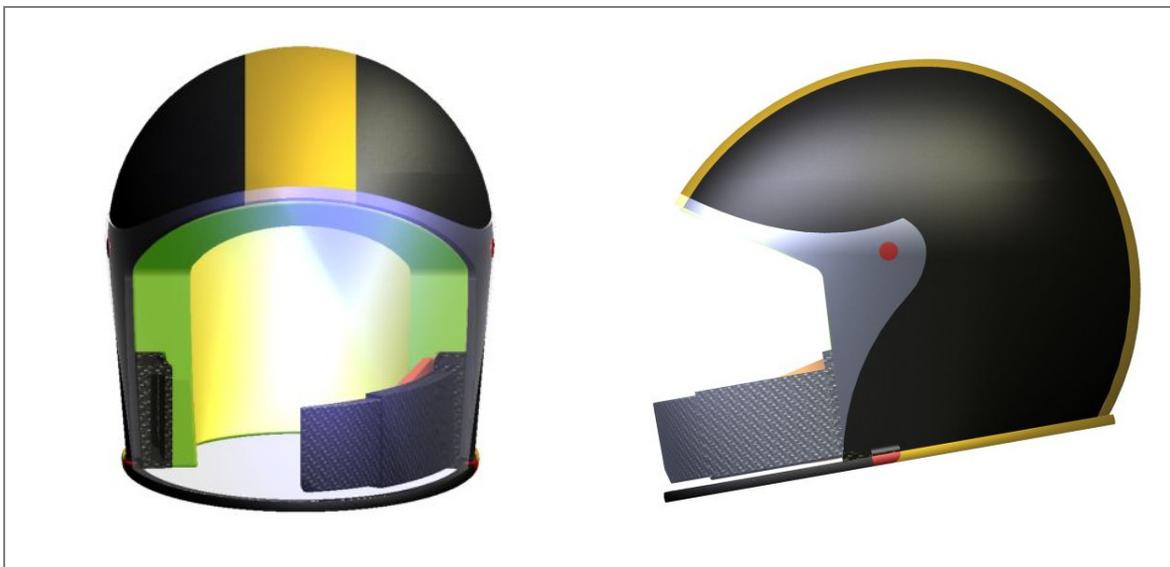




Ilustración 114 Vistas del casco con la protección lateral izquierda desplegada.





Ilustración 115 Secuencia de despliegue del sistema estructural de protección (no se muestra la bolsa inflable)

7 Conclusiones y líneas de futuro

7.1 CONCLUSIONES

A lo largo de esta investigación se ha creado y desarrollado una nueva invención relacionada con un casco abierto con características de seguridad avanzadas que comprende un sistema de protección mandibular innovador, realizable y funcional. Para ello se ha construido y aplicado la metodología de diseño general recogida en el capítulo 4 y otra específica indicada en el capítulo 6 que, además de solucionar el problema detectado en el estado del arte, considera aspectos relacionados con la protección de los resultados de investigación.

A diferencia de otros procesos de diseño en los que los derechos de propiedad intelectual e industrial son un elemento secundario que se considera como un mero apéndice en las fases finales del proyecto, en este trabajo se propone un modelo en el que las herramientas de propiedad industrial cobran protagonismo desde el momento de la concepción de ideas. El paradigma de diseño recogido en la metodología señalada en el capítulo 4 asegura que la protección de resultados de investigación es un elemento determinante para la definición funcional e incluso formal de cualquier producto que se pretenda explotar, de igual manera que los son aspectos físicos, ergonómicos, de calidad, de coste, de materiales, de fabricación, medioambientales, emocionales, culturales o estéticos.

La aplicación de la metodología general y las invenciones resultantes de este modelo se muestran en el capítulo 5, y se definen a partir de una serie de características técnicas que se estructuran en varios niveles mediante reivindicaciones independientes y dependientes. Las reivindicaciones independientes definen el alcance de la invención en toda su amplitud, mientras que las dependientes recogen una serie de realizaciones preferidas. La obtención de un mapa de reivindicaciones eficaz como el descrito en el apartado 5.7, permite al titular optar por patentar la invención o comercializarla directamente con ciertas garantías. En este sentido, ya en el capítulo 4 se manifiesta que las estrategias de diseño deben considerar los aspectos de propiedad intelectual o industrial tanto si se desea proteger una invención frente al plagio, como si se desea dejar libre a la imitación. Por lo tanto, definir una invención en términos de características técnicas permite valorar más eficazmente su alcance para prevenir la amenaza de infracción de derechos de terceros.

A partir de los métodos propuestos se han obtenido nuevos conceptos para la protección mandibular definidos en una reivindicación independiente y en 51 variantes descritas en reivindicaciones dependientes de la anterior y que se muestran en toda su extensión en el Anexo II. El producto resuelve la hipótesis de este trabajo y además ha sido protegido mediante derechos de patente, superando los criterios de patentabilidad de novedad universal, actividad inventiva y aplicación industrial. La obtención de derechos de exclusividad sobre la invención resultante la convierten en una solución de alto valor añadido y comercialmente competitiva. El tipo de protección es *fuerte*, y se recoge en una serie de documentos que conforman una familia de patentes que se expone en el Anexo III. Los informes sobre el estado de la técnica que evalúan la patentabilidad de la invención y que son emitidos por las oficinas oficiales de examen se presentan en el Anexo IV. Estos informes son positivos, y la opinión escrita del examinador certifica que la propuesta inventiva cumple con los requisitos de patentabilidad para todo su alcance.

De entre todas las variantes descritas en el proceso de creación de nuevos conceptos inventivos, se ha propuesto el desarrollo en detalle de una realización preferida, descrita en el capítulo 6. En esta realización específica, todos los sistemas que la componen cumplen los requisitos, restricciones y criterios globales de diseño planteados inicialmente, a los que se han sumado otros específicos orientados al desarrollo de la ingeniería de detalle. Todos los sistemas de la realización preferida se sitúan dentro del alcance de la protección de la invención y se relacionan entre sí formando un dispositivo compacto y acoplable, que resulta en un casco de tipo abierto pero con protección integral, incluyendo la zona mandibular.

En el desarrollo pormenorizado de la realización preferida se ha demostrado la viabilidad del sistema estructural de protección y del resto de componentes, certificando la hipótesis de partida.

En el caso específico del sistema estructural de protección, a lo largo del apartado 6.3 se demuestra la existencia de opciones de diseño materializables, capaces de desplegarse y de resistir un impacto frontal según la norma de referencia, manteniendo la compatibilidad de deformaciones.

Las simplificaciones del modelo y del ensayo, siempre del lado de la seguridad al penalizar las condiciones de contorno y las opciones de diseño, hacen pensar que la solución definitiva realmente es capaz de soportar con garantías un impacto mucho más intenso que el definido en el test del laboratorio virtual desarrollado en el apartado 6.3.4. Así por ejemplo, no se ha considerado la contribución a la resistencia y

a la rigidez de elementos como la barra delantera, la espuma de amortiguamiento interior de la carcasa, la propia carcasa u otros accesorios, lo que repercute en la capacidad estructural del conjunto acoplado. Por otra parte, se han contemplado valores desfavorables en las bases de cálculo de la fuerza de impacto, como un tiempo de desaceleración mínimo, una gran masa en movimiento o una superficie de impacto puntual. Tampoco se ha modelado el impacto teniendo en cuenta el posible engarce frontal entre protectores o las condiciones de rotura del sistema defensivo, aunque se sugiere que la destrucción de los protectores podría ser un escenario perfectamente asumible para la integridad del usuario.

Aunque la propuesta de los sistemas impulsor, sensorial y de amortiguamiento señalada en el apartado 6.4 no es tan pormenorizada como en el caso del sistema estructural de protección, se sugieren realizaciones de los mismos muy cercanas a la ingeniería de detalle. Además, a lo largo de todo el desarrollo de la realización preferida, se recogen soluciones, directrices y opciones de construcción para la materialización definitiva del protector craneal.

En el caso del sistema de impulsión descrito en el apartado 6.4.2, se han considerado unos tiempos de despliegue muy ajustados, lo que conduce a una solución con un tipo y cantidad de propelente que podría reformularse de forma más relajada para tiempos de activación más amplios.

El sistema sensorial, indicado en el apartado 6.4.3, permite la activación selectiva de los protectores y el sistema de amortiguamiento en un lado o en el otro del casco, en función de la dirección de impacto. Asimismo, son capaces de detectar impactos frontales, laterales o fronto-laterales.

En el apartado 6.3.5.6 se realiza una propuesta de múltiples estrategias de fabricación, lo que certifica la posibilidad de construir la invención con materiales y medios de producción conocidos e incluso asentados en la fabricación actual de varios protectores craneales.

La invención proporciona un nuevo tipo de casco con todas las ventajas de los cascos abiertos pero que a la vez protege la mandíbula en caso de accidente, tal como hacen los cascos integrales, de mentonera fija, o modulares, con mentonera abatible. El hecho de que los protectores se encuentren recogidos en la carcasa durante el uso normal del casco, permite que este elemento de seguridad sólo se utilice en caso de ser necesario, manteniendo la abertura frontal despejada. En otros cascos las mentoneras y carrilleras son elementos fijos que entorpecen su puesta y utilización, además de molestar al usuario al presionar la cara constantemente. La solución

inventiva permite fabricar cascos que se ponen y retiran fácilmente, y facilita la compatibilidad con otros accesorios faciales. Además, el casco inventado puede ser aún más abierto que los existentes en el estado de la técnica ya que los elementos de protección y de retención están normalmente replegados. Gracias a esta propiedad, se aumentan considerablemente las posibilidades de diseño formal del producto final, resultando en cascos más funcionales o más atractivos para los usuarios.

7.2 LÍNEAS DE FUTURO

A partir del contenido de esta tesis, se propone una serie de líneas futuras de investigación que permitirán ampliar el alcance de las propuestas, contemplar nuevas aproximaciones y explorar alternativas al desarrollo del equipo protector con características de seguridad avanzadas. Estas líneas se pueden circunscribir dentro de tres campos de desarrollo, que se relacionan con la metodología, los nuevos conceptos inventivos para la protección mandibular, y el desarrollo de la realización preferida.

Metodología: en el capítulo 4 se indica que siempre existe cierta incertidumbre respecto a la novedad y actividad inventiva de los conceptos generados o a la infracción de derechos de terceros. El grado de esta incertidumbre está relacionado con el acceso y la capacidad de interpretación de la información tecnológica contenida en el estado de la técnica, como por ejemplo en artículos, ponencias, tesis, libros o patentes.

Se propone por lo tanto investigar procesos de vigilancia tecnológica que permitan extraer datos del estado del arte, procesarlos y convertirlos en conocimiento útil que, condensado en un buen informe tecnológico, se utilice en el examen de patentabilidad de los conceptos inventivos que se van generando al aplicar la metodología.

En el caso específico de las patentes, se recomienda explorar la generación de sistemas automáticos que se aprovechen de la rigidez sintáctica con la que se formulan las reivindicaciones: preámbulo + nexos + parte caracterizadora. La parte caracterizadora define el alcance de la protección de una reivindicación y además, a su vez está formada por unidades conceptuales denominadas características técnicas. Mediante el empleo de estas propiedades se podrían plantear herramientas para la localización de documentos cercanos que puedan anticipar el concepto inventivo, el cual asimismo está definido mediante características técnicas.

En relación a lo anterior, también se propone investigar soluciones automáticas que faciliten la realización de las tareas de reducción, generalización y combinación incluidas en el examen de patentabilidad.

A lo largo del capítulo 5 se ha podido comprobar que los aspectos relacionados con la protección de resultados de investigación han sido determinantes para definir el concepto inventivo que da solución los problemas detectados en el estado de la técnica. Por lo tanto, se hace necesario integrar esta aproximación en los métodos de diseño que se emplean actualmente, donde la concepción de bocetos ya contempla otros requisitos y restricciones como el coste, o la ergonomía.

Nuevos conceptos inventivos: los conceptos inventivos desarrollados en el capítulo 5 comprenden varias realizaciones preferidas que particularizan la propuesta general. Sin embargo, aún es posible proponer nuevas soluciones alternativas respecto al problema técnico. Estas nuevas soluciones pueden ser objeto de nuevas patentes si cumplen los requisitos de patentabilidad respecto al estado de la técnica, que ahora incluye la invención desarrollada en este trabajo.

Las nuevas soluciones también pueden situarse dentro del ámbito de la protección de la familia de patentes que ya se ha desarrollado, o pueden protegerse mediante documentos de patente que contienen invenciones dependientes de la patente original.

Algunas alternativas que todavía se pueden explorar son la obtención de fuentes de energía para el funcionamiento de los sistemas que mantengan los criterios de usabilidad e independencia del casco respecto a la reposición de baterías, mantenimiento o conexión a fuentes de alimentación externas. Los medios de impulsión, los protectores desplegados, o las formas de funcionamiento también pueden desarrollarse en direcciones distintas a las propuestas en esta investigación.

Desarrollo de la realización preferida de esta tesis: el laboratorio virtual que se propone en el capítulo 6 de este trabajo ha servido para validar el diseño del sistema estructural de protección verificando su seguridad respecto al impacto en la zona mandibular. Sin embargo, tanto el ensayo como el espécimen de test, se han modelado considerando una serie de simplificaciones del lado de la seguridad. Respecto al ensayo, se recomienda la construcción de un test virtual más completo, que además represente los componentes y la dinámica del ensayo especificado en la norma de referenciada de manera más fidedigna. Por otro lado, la modelización de la probeta de pruebas debería mejorarse incluyendo las geometrías completas y las

características de los otros componentes que componen el casco y que también contribuyen positivamente en la resistencia y rigidez del conjunto.

El sistema estructural de protección se compone de las barras, las cajas, los protectores A y los protectores B. A partir de los modelos de ensayo y de probeta mejorados, se debería realizar un análisis para establecer si se puede reformular esta composición. En este análisis se debería evaluar la posibilidad de prescindir de las barras o de variar los espesores y la forma de los componentes.

Si se considera la contribución de la carcasa y sobre todo de la espuma de amortiguamiento interna a la rigidez del conjunto, probablemente se podrían obtener mejores resultados de deformaciones en un evento de impacto. Por lo tanto, el empleo de modelos más completos también podría servir para justificar el uso de materiales con propiedades mecánicas más relajadas o para unificar la propuesta de componentes, simplificando así las tareas de fabricación.

El diseño de los protectores y de la caja se ha realizado a partir de una trayectoria de despliegue cilíndrica. Para ajustar el espacio interior que ocupa del conjunto del sistema de protección, se propone explorar alternativas de despliegue siguiendo otras trayectorias, como por ejemplo cónicas. Las formas de la caja y los protectores A y B podrían ser totalmente diferentes en función de las nuevas proposiciones. Estas opciones pueden incluso conducir a la eliminación del protector B.

El sistema que se propone comprende un juego de protectores a cada lado del casco, que pueden desplegarse de forma independiente en función de la dirección y la zona de impacto. Esto da lugar a un tipo de estructura en voladizo sometida a cargas instantáneas en zonas puntuales. Conviene sopesar la posibilidad del despliegue simultáneo a ambos lados del equipo, de forma que se establezca un engarce mecánico en los extremos de los protectores para constituir una estructura frontal de tipo arco, anclada en los extremos a la carcasa. Este tipo de estructura es más eficiente frente a la fuerza de impacto, pero necesita el despliegue coordinado de todo el sistema.

Es recomendable realizar refinamientos en la propuesta de diseño y validarlos mediante pruebas sobre prototipos construidos, para ofrecer soluciones más depuradas que la actual. Para la construcción de una preserie se hace necesario avanzar en la ingeniería de detalle, determinando por ejemplo la tolerancia de fabricación y la holgura entre los diferentes componentes móviles. También se debe investigar sobre la necesidad de cojinetes que faciliten el deslizamiento, su composición y su diseño. Aunque en la propuesta de realización preferida ya se

incluyen medios de conexión que funcionan como elementos de retención de los protectores durante la maniobra de despliegue, hay que tantear la disposición de soluciones antiretorno que aseguren su posición durante el impacto.

El sistema impulsor se basa en la generación de gas mediante la reacción química de un propelente que se activa a partir de un detonador. Se hace necesario evaluar otros tipos de propelentes químicos que permitan un despliegue rápido y seguro del sistema de protección y de amortiguamiento. También cabe la posibilidad de utilizar propuestas alternativas, basadas en gases fríos almacenados a presión o en combinaciones de ambas tecnologías.

El sistema de amortiguamiento requiere un estudio de detalle en el que se determine los materiales y la forma óptima de las bolsas. El diseño de una estrategia de plegado para su disposición en el interior del contenedor también es fundamental para el funcionamiento del sistema. El objetivo que se persigue es que en su trayectoria de inflado, las bolsas sigan a los protectores, reposando sobre ellos.

El prototipo del sistema sensorial necesita detallarse en cuanto a formas alternativas y materiales. Así por ejemplo, la elasticidad de los muelles es la característica que dota de sensibilidad a todo el sistema. Otras opciones que se mencionan respecto a este subsistema es el empleo de elementos deformables en sustitución de los muelles o la incorporación de un sistema de enclavamiento que impida el accionamiento accidental del equipo.

Para evaluar y validar la ingeniería de detalle del protector craneal con características de seguridad avanzadas, es conveniente proponer una campaña de ensayos, adicionales a los test de resistencia que se recogen en la norma de referencia. Algunas sugerencias al respecto se indican a continuación:

- Implementar la evaluación de las características de amortiguamiento del equipo en el ensayo de resistencia al impacto.
- Ensayos de despliegue considerando intervalos de tiempo más adecuados (probablemente mayores al estimado, de 2 ms). En estos test se debe determinar la dinámica y el comportamiento de los protectores. Igualmente sirven para evaluar el inflado de las bolsas y para calibrar el resto de dispositivos relacionados.
- Pruebas para la evaluación del sistema impulsor. En ellas se debería analizar la propagación de la deflagración del detonador hasta propelente y la cinética

de generación de gases de impulsión, con especial atención a las temperaturas desarrolladas en estos procesos.

Mediante la realización de pruebas de refinamiento y de validación sobre las propuestas obtenidas a partir de la ingeniería de detalle, se proporcionará la solución específica del sistema de protección craneal apto para su fabricación y puesta en el mercado.

8 Bibliografía

- [1] R. Amengual, Bielas y álabes. 1826-1914 Evolución histórica de las primeras máquinas térmicas a través de las patentes españolas, Madrid: Oficina Española de Patentes y Marcas, 2008.

- [2] M. Boldrin y D. K. Levine, James Watt: Monopolist, Cambridge : Mises Daily, 2009.

- [3] G. N. Von Tunzelmann, Steam Power and British Industrialization to 1860, Oxford: Oxford University Press, 1978.

- [4] Economics and Statistics Division, WIPO, «2012 WIPO IP Facts and figures,» World Intellectual Property Organization - OMPI, 2012.

- [5] M. ANDREASEN y S. KÄHLER, Design for assembly, Berlin: IFS (Publications) Ltd, 1988.

- [6] G. Boothroyd, P. Dewhurst y W. Knight, Product Design for Manufacture and Assembly, NY.: Marcel Dekker, 2002.

- [7] H. Lewis, J. Gertsakis, T. Grant, N. Morelli y A. Sweatman, Design + Environment: A Global Guide to Designing Greener Goods, Greenleaf Publishing, 2001.

- [8] G. Altshuller, The Innovation Algorithm, 2 ed., Ma: Technical Innovation Center, 2000.

- [9] N. Suh, The principles of design, NY: Oxford University press, 1990.

- [10] S. Pugh, Total Design: Integrated methods for successful product engineering, Mi.: Addison-Wesley Pub. Co., 1991, p. 278 .

- [11] K. S. Hurst, *Engineering Design Principles*, Oxford: Elsevier, 1999.
- [12] Ceccagnoli M. et. Al., «Study on Evaluating the Knowledge Economy - What are Patents Actually Worth? -The Value of Patents for Today's Economy and Society,» European Commission, Directorate general for internal market, 2005.
- [13] F. J. A. Sanchez, «Estrategias empresariales para la propiedad industrial: Protección, diseño y transferencia de tecnología,» M. de Cos Castillo (Director), ETSII UPM, 2005. Tesis doctoral.
- [14] S. Becker, *Patent Applications Handbook*, West Group, 1998.
- [15] ddi, «Estudio del impacto económico del diseño en España.,» Sociedad estatal para el desarrollo del diseño y la innovación, Madrid, 2005.
- [16] ddi, «Estudio del impacto económico del diseño en España. 2008,» Sociedad estatal para el desarrollo del diseño y la innovación, Madrid, 2008.
- [17] M. Buesa, A. Hidalgo, C. Llorens y M. Zahera, «El diseño en España. Estudio estratégico,» Federación Española de Entidades de Diseño y ddi, Madrid, 2001.
- [18] Oficina Española de Patentes y Marcas, «PLAN 2010-2012, Plan de Promoción de la Propiedad Industrial en España 2010-2012,» Ministerio de Industria, Turismo, y Comercio, Madrid, 2010.
- [19] H. Domingo, «El derroche de reinventar la rueda,» vol. 293, 2011.
- [20] J. Erlendsson, «Reinventing the wheel:Unnecessary duplication of previous Research and Development work caused by ignorance of previous findings. An international problem,» Scientific and Technical Information Services. university od Iceland, Iceland, 1996.

- [21] World Health Organization, *Helmets: A road safety manual for decision makers and practitioners*, 2006.
- [22] R.Umar, «Helmet initiatives in Malaysia,» de *Proceedings of the 2nd World Engineering Congress*, Kuching, Malaysia, 2002.
- [23] D. Otte, B. Chinn, D. Doyle, Sturrock y S. K., *Motorcycle safety helmets*. COST 327, Brussels: Commission of the European Communities, 2001.
- [24] Blincoe y otros, «The economic impact of motor vehicle crashes, 2000,» National Highway Traffic Safety Administration, Washington DC, 2002.
- [25] H. Hurt y otros, «Motorcycle accident cause factors and identification of countermeasures.Final Report,» University of Southern California, Traffic Safety Center, Motorcycle Accident Research, 1981.
- [26] B. Shankar, A. Ramzy, C. Soderstrom, P. Dischinger y C. Clark, «Helmet use, patterns of injury, medical outcome, and costs among motorcycle drivers in Maryland,» *Accid. Anal. Prev.*, vol. 24, nº 4, pp. 385-96, 1992.
- [27] J. Rowland, F. Rivara, P. Salzberg, T. Koepsell, R. Soderberg y R. Maier, «Motorcycle helmet use and injury outcome and hospitalization costs from crashes in Washington State,» *Am. J. Public Health*, vol. 86, pp. 41-45, 1996.
- [28] B. Liu, R. Ivers, R. Norton, S. Boufous, S. Blows y S. Lo, «Helmets for preventing injury in motorcycle riders,» *Cochrane Database Syst. Rev.*, pp. Rev. 1, doi:10.1002/14651858.CD004333.pub3 (Art. No.: CD004333), 2008.
- [29] E. Van den Bosch, «Crash Helmet Testing and Design Specifications,» Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 2006.
- [30] D. Bashford, *Helmets and Body Armor in Modern Warfare*, Lightning Source

Incorporated, 2008.

- [31] A. Holbourn, «The mechanics of brain injuries,» *British Medical Bulletin*, vol. 3, pp. 147-149, 1945.
- [32] J. Taylor y A. Handa, «Hugh Cairns and the origin of British neurosurgery,» *British Journal of Neurosurgery*, vol. 21, nº 2, p. 190-6, 2007.
- [33] «Equipos de protección individual (EPI). Aspectos generales sobre su comercialización, selección y utilización,» Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de Trabajo, 2009.
- [34] «Norma UNE-EN 397: 1995, Cascos de protección para la industria,» 1995.
- [35] Gobierno de España, «Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, sobre comercialización y libre circulación de equipos de protección individual. Transposición de la Directiva del Consejo de la Unión Europea 89/686/CEE,» BOE nº 311, de 28 de diciembre, 1992.
- [36] Gobierno de España, «Real Decreto 773/1997, 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. Transposición de la Directiva del Consejo de la Unión Europea 89/656/CEE,» BOE de 12 de Junio, 1997.
- [37] «Norma EN 812:1997 – Cascos contra golpes para la industria,» 1997.
- [38] «Norma EN 14052:2005 – Cascos industriales de altas prestaciones,» 2005.
- [39] «Norma EN 12492:2000 – Cascos para montañeros,» 2000.
- [40] «Norma EN 50365:2002 - Cascos eléctricamente aislantes para uso en instalaciones de baja tensión,» 2002.

- [41] «Norma EN 443:2008 - Cascos para bomberos,» 2008.
- [42] U.S. Department of Transport, «49 C.F.R. PART 571—FEDERAL MOTOR VEHICLE SAFETY STANDARDS. Standard No. 218; Motorcycle helmets,» U.S. Department of Transport.
- [43] U. N. Economic Commission for Europe, Regulation No. 22. Uniform provisions concerning the approval of protective helmets and their visors for drivers and passengers of motor cycles and mopeds. 05 series of amendments, U.N. Economic and Social Council, 2002.
- [44] Snell Memorial Foundation, «2010 STANDARD FOR PROTECTIVE HEADGEAR. For Use with Motorcycles and Other Motorized Vehicles,» Snell Memorial Foundation, Inc., North Highlands, CA, 2008.
- [45] B. Dowdell, M. Griffiths, J. Ward y G. J. Long, «A study of helmet damage and rider head/neck injuries for crash-involved motorcyclists,» Roads and traffic authority, Road Safety Bureau, Rosebery, N.S.W., 1988.
- [46] European Association of Motorcycle Manufacturers, «MAIDS: Motorcycle Accidents In-Depth Study, Final Report 2.0,» ACEM, 2004.
- [47] G. Mozzati, «Pneumatic safety device for crash helmets». Patente EP0850575, 1998.
- [48] P. Nermerich, « Helmet with integrated airbags protection e.g. for motor vehicle». Patente DE19604822, 1997.
- [49] A. M. Lopez, «Airbag module for protection of the cervicodorsal region». Patente ES2270669, 2007.
- [50] G. Kalman, « Double shell and chin guard airbag for integral helmet - has the ends of movable chin guard terminating in flat casings mounted on inner wall of helmet, functioning as pistons». Patente DE4020692, 1992.

- [51] O. Schimpf, «Schutzhelm». Patente DE102005006078, 2006.
- [52] Economics and Statistics Division, WIPO, «World intellectual property indicators,» World Intellectual Property Organization - OMPI, 2011.
- [53] Sala i Martín X.et. Al., «The Global Competitiveness Report 2011 - 2012,» World Economic Forum , Geneva, Switzerland, 2011.
- [54] L. Leydesdorff y H. Etzkowitz, «The Triple Helix as a Model for Innovation Studies,» 1998.
- [55] USA, « 35 U.S.C §200. Patent and Trademark Law Amendments Act,» 1980.
- [56] Oficina Española de Patentes y Marcas, «Estadísticas de propiedad industrial. Tomo I,» OEPM, 2010.
- [57] Gobierno de España, Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes de Invención y Modelos de utilidad., 1986.
- [58] The White House. Office of the press secretary, *President Obama signs America Invents Act, overhauling the patent system to stimulate economic growth, and announces new steps to help entrepreneurs create jobs*, WASHINGTON, DC: The White House, 2011.
- [59] O.E.P.M. Dpto. de patentes e información tecnológica, Directrices de examen de solicitudes de patente, Madrid: Ministerio de industria turismo y comercio, 2006.
- [60] European Patent Office (EPO), «Guidelines for examination in the European Patent Office,» European Patent Office (EPO), 2012.
- [61] European Patent Organisation , «Convention on the Grant of European Patents (European Patent Convention) of 5 October 1973 as revised by the Act revising

Article 63 EPC of 17 December 1991 and the Act revising the EPC of 29 November 2000,» Administrative Council of the European Patent Organisation, 2001.

[62] M. Ashby, *Materials selection in mechanical design*, 3 ed., Oxford: Butterworth-Heinemann, 2004.

[63] M. Ashby y D. Jones, *Engineering Materials 1: An introduction to properties, applications and design*, 3 ed., Oxford: Butterworth-Heinemann, 2005.

[64] M. Ashby y D. Jones, *Engineering Materials 2: An Introduction To Microstructures, Processing And Design*, 3 ed., vol. 13, Butterworth-Heinemann, 2006.

[65] R. M. Mayer, *Design with reinforced plastics: A guide for engineers and designers*, London: Springer, 1993.

[66] K. Lin y C. Hsieh, «The closed form general solutions of 2-D curved laminated beams of variable curvatures,» vol. 79, n° 4, 2007.

[67] A.O.García y J. Cebreiro, «Modelo dinámico de la colisión,» Avellaneda (Rca. Argentina), 2003.

[68] C. Wright, «Introduction to structural impact,» PDH Online | PDH Center, Fairfax, VA, 2012.

[69] N. Mills, S. Wilkes, S. Derler y A. Flisch, «FEA of oblique impact tests on a motorcycle helmet,» *International Journal of Impact Engineering*, vol. 36, n° 7, p. 913–925, 2009.

[70] JÁFI-AUTÓKUT Engineering Ltd. , «Comparative impact tests on helmets,» Budapest, 2005.

[71] E. W. Collings, *Materials properties handbook: Titanium alloys*, ASM International, 1994.

- [72] M. van der List, L. D. van Vliet, H. M. Sanders, P. A. G. Put y J. W. E. C. Elst, «Applications for Solid Propellant Cool Gas Generator Technology,» Chia Laguna (Cagliari), Sardinia, Italy, 2004.
- [73] B. Adams, «Automobile air bag inflation system using pressurized carbon dioxide,» Mohamed E. Labib (Director), New Jersey Institute of Technology. Department of Mechanical. Engineering, 1998.
- [74] Y.-D. Seoa, S. H. Chung y J. J. Yoh, «Automotive airbag inflator analysis using the measured properties of modern propellants,» vol. 90, n° 4, p. 1395–1401, 2011.
- [75] M. K. Alkama y P. B. Butlerb, «Thermal Simulation of a Pyrotechnic Solid-Propellant Gas Generator,» vol. 3, n° 3, 2009.
- [76] D. Cadogan, C. Sandy y M. Grahne, «Development and evaluation of the mars pathfinder inflatable airbag landing system,» de *Acta Astronautica, Volume 50, Issue 10*, 1999.
- [77] U.S. Department Of Defense , «MIL-D-14978A(5) NOT 1 Detonator, Stab, M55, Loading, Assembling and Packing,» 1998.
- [78] R. Casiday y R. Frey, «Gas Laws Save Lives: The Chemistry Behind Airbags,» Department of Chemistry, Washington University, 1998.
- [79] J. A. Rosende, «Introducción al Airbag (I/II),» 2005.
- [80] S. P. Burns y S. Domazet, «Gas generating composition». Patente US7959749, 2007.
- [81] P. S. Khandhadia y S. P. Burns, «Thermally stable non azide automotive airbag propellants». Patente US6306232, 1997.

- [82] J. M. BERGER y P. B. BUTLER, «Equilibrium analysis of three classes of automotive airbag inflator propellants,» Vols. 1 de 2104, Iss. 1-3, 1995.
- [83] A. Ulas, G. Risha y K. Kuo, «Ballistic properties and burning behaviour of an ammonium perchlorate/guanidine nitrate/sodium nitrate airbag solid propellant,» vol. 85, nº 14-15, 2006.
- [84] Y. Huang, T. S. Shizhi Dai y Y. Y. Ruiqi Shen, «Thermal analysis of sodium azide and its mixtures,» 1996.
- [85] M. P. Reed y L. W. Schneider, «Skin burns from airbag exhaust gas: laboratory experiments and mathematical modeling,» University of Michigan. Transportation Research Institute, 1994.
- [86] K. Menke, H. Ebeling y J. Neutz, «Cold pyrotechnic gas generators for underwater rescue systems and heavy duty lifting devices,» La Rochelle,, 2011.
- [87] U.S. Department of the Army, «Foreign Mine Warfare Equipment. Department of the Army Technical Manual TM 5-223,» Headquarters, Department of the Army, 1957.

Anexo I Aspectos relacionados con la protección

A lo largo de este anexo se indican una serie de aspectos relacionados con la protección de resultados de investigación que, sin pretender ser un manual para la redacción y utilización de patentes, sirve como texto introductorio a esta materia y como manual de referencia respecto a algunas de las ideas contenidas en la metodología propuesta en este trabajo.

1.1 ALTERNATIVAS PARA LA PROTECCIÓN DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Las obras del ingenio y de la creatividad del ser humano, y los resultados de la investigación científica son susceptibles de protección por derechos de propiedad industrial e intelectual. El titular de estos intangibles tiene a su disposición una serie de herramientas de protección clasificadas en dos grandes grupos según el tipo de creación que se pretende proteger. En el primer grupo se engloban los derechos de propiedad industrial y se trata de derechos sobre creaciones del ser humano que tienen relación directa con la actividad económica, es decir, que van a ser utilizadas en el tráfico empresarial, comercial o industrial como por ejemplo las marcas o las patentes. En segundo grupo abraza los derechos de propiedad intelectual (copyright), que son derechos sobre obras literarias (libros, comic), obras artísticas (una película, música) y obras científicas/tecnológicas siempre que sean originales. La distinción en dos grupos es característica de ciertos estados, como en nuestro, en el que existen legislaciones específicas que mencionan explícitamente este tipo de agrupamiento. No obstante, en países anglosajones, es habitual referirse a la protección de intangibles bajo un mismo concepto, los I.P.R (*Intellectual Property Rights*), que engloban todo.

La Tabla 1 resume las vías de protección disponibles para intangibles, clasificados en dos grandes grupos:

Tabla 1 Herramientas de protección de propiedad industrial

P.I.	Propiedad industrial	Invenciones	Patentes	Secreto industrial
			Modelos de utilidad	
			Variedades vegetales	
			Topografías de productos semiconductores	
	Signos distintivos	Marcas	Denominación de origen	
		Nombres comerciales	Indicación geográfica	
	Creaciones estéticas	Diseño industrial		
Propiedad intelectual	Creaciones literarias, artísticas y científicas	Derechos de autor		

De forma muy resumida, se puede decir que en todos los casos los derechos que se obtienen son exclusivas que otorgan al titular de la creación una protección frente a la imitación por parte de terceros. Las exclusivas o monopolios los proporcionan los estados, y facultan al titular a emprender acciones para evitar el aprovechamiento de la creación por parte de imitadores, lo cual sin embargo no implica una autorización explícita para explotar la creación o ponerla en práctica (*derecho ius prohibendi*). Esto último puede requerir tereas adicionales como homologaciones o permisos específicos, por ejemplo.

A cambio de estas exclusivas, el estado puede pedir alguna contrapartida en la forma de tasas o solicitando la revelación pública del contenido de la creación. También puede obligar al titular a establecer una serie de acciones encaminadas a hacer valer sus derechos, como por ejemplo el establecimiento de protocolos específicos para la protección de secretos (acuerdos de confidencialidad, identificación de los intangibles secretos, etc.) o la identificación de algunos aspectos que permitan al titular atribuirse la titularidad o autoría de una obra susceptible de protección por derechos de propiedad intelectual, sin ambigüedades.

Los derechos de propiedad industrial e intelectual son acumulables, compatibles (en general) e independientes. Existe una incompatibilidad específica que se da cuando se pretende mantener una creación en secreto y a la vez se pretende utilizar un método de protección que conlleva la obligación de revelación, como por ejemplo la

protección mediante topografías de productos semiconductores o la protección mediante diseño industrial.

Esta facultad se recoge en la norma de propiedad intelectual, [88] donde se indica que los derechos de autor son independientes, compatibles y acumulables con:

- La propiedad y otros derechos que tengan por objeto la cosa material a la que está incorporada la creación intelectual.
- Los derechos de propiedad industrial que puedan existir sobre la obra.
- Los otros derechos de propiedad intelectual reconocidos

Así por ejemplo, un mismo producto industrial, como por ejemplo un teléfono móvil, puede ser protegido simultáneamente mediante varios derechos: patente/s, marca/s, diseño industrial, secreto industrial, *know-how*, marca tridimensional, etc. El mismo producto igualmente puede sufrir una demanda por infracción de patente y perder esos derechos de exclusividad, aunque no por infracción de marca, manteniéndose la independencia entre ambos. El planteamiento de las estrategias de protección respecto a un resultado de investigación por lo tanto no es trivial y debe considerar aspectos económicos relacionados con la solicitud y mantenimiento de derechos así como de perspectiva de mercado, como por ejemplo los competidores, y los territorios o nichos de comercialización. De todos modos, solamente el mercado y los imitadores deciden si finalmente ha valido la pena ratificar los derechos sobre un resultado, cuando efectivamente es ilegalmente imitado.

De entre todas las posibilidades que existen para la protección de resultados de investigación, se ha considerado para el desarrollo de este trabajo y su metodología la protección de las invenciones mediante patentes, por su importancia y por las características del resultado esperado. A los efectos de esta investigación, los modelos de utilidad se consideran como una forma de patente que protege invenciones de menor categoría.

Las diferencias más importantes entre una patente y un modelo de utilidad se resumen en la Tabla 2 de entre las cuales se destaca el coste, la duración y los requisitos de novedad.

Tabla 2 Patente vs. modelo de utilidad

PATENTE	MODELO DE UTILIDAD
20 AÑOS	10 AÑOS
Existe en casi todos los países	No existe en todos los países

PATENTE	MODELO DE UTILIDAD
Concesión más lenta, 2 años	Concesión más rápida, 1 Año
Novedad	Novedad relativa (Nacional)
Actividad inventiva	Actividad inventiva (menor)
Aplicación industrial	Aplicación industrial
IET	Sin examen de fondo
Solicitud (ES): 700-800 Euros	Solicitud (ES): 100-200 Euros
	No protege métodos
	No permite adiciones

Como se ha mencionado, las patentes son monopolios que otorga un estado para la explotación de un derecho, como por ejemplo a utilizar una mina o los recursos naturales de unas aguas. Las patentes de invención (en adelante simplemente patentes) se restringen en el ámbito territorial y de duración, para la explotación comercial de una invención. Se trata de un título indivisible, asociado a un documento, que si está en vigor en un estado, confiere a su titular varios derechos, del tipo *ius prohibendi* [89], frente a un tercero que no cuente con su consentimiento (que en último caso hará valer un juez). A cambio, el estado requiere el pago de unas tasas de solicitud y de mantenimiento, y además realiza una divulgación pública de todo el contenido de la patente.

Las leyes de patentes nacionales no suelen clarificar qué se considera exactamente una invención patentable, sino que indican los requisitos que deben cumplir y las exclusiones específicas sobre objetos no patentables. Aunque existe un consenso internacional sobre los requisitos de patentabilidad, las exclusiones no son uniformes a lo largo de todos los estados. Por ejemplo, en Estados Unidos es posible patentar programas de ordenador o métodos para actividades comerciales, mientras que en la mayoría de los países de la Unión Europea estas son exclusiones explícitas.

Así, la Ley española [57] señala que no se consideran invenciones patentables:

- Los descubrimientos, las teorías científicas y los métodos matemáticos
- Las obras literarias, artísticas o cualquier otra creación estética, así como las obras científicas, ya que son intangibles sujetos a protección mediante derechos propiedad intelectual.
- Los planes, reglas y métodos para el ejercicio de actividades intelectuales, para juegos o para actividades económico-comerciales, así como los programas de ordenadores
- Las formas de presentar informaciones

Por otro lado, también excluye a las invenciones cuya explotación comercial sea contraria al orden público o a las buenas costumbres, y en particular, a los procedimientos de clonación de seres humanos, entre otros.

Para el desarrollo de esta tesis, se puede considerar la propuesta del casco como un tipo de invención de las incluidas dentro de la definición especificada en todas las leyes de patente, pues se trata de un dispositivo electromecánico que se circunscribe al campo de la ingeniería clásica.

1.2 LA ESTRUCTURA DE UNA PATENTE, SU ALCANCE Y SU INFRACCIÓN

El texto contenido en este apartado sirve para fijar una serie de conceptos y buenas prácticas relacionadas con la redacción de patentes. El objetivo es facilitar la propuesta de la metodología aplicada en la generación de invenciones considerado aspectos de patentabilidad, pero no pretende ser una guía minuciosa sobre redacción de patentes ya que supera el alcance de este trabajo.

Las patentes son documentos legales que en general constan de varios apartados que se pueden distribuir en el orden que se señala a continuación:

Tabla 3 Estructura de una patente

PATENTE	DESCRIPCIÓN	TITULO
		ESTADO DE LA TECNICA
		DESCRIPCION DE LA INVENCION
		DESCRIPCION DE LAS FIGURAS
		EXPLICACION DE UNA FORMA DE REALIZACION PREFERENTE
	REIVINDICACIONES	
	DIBUJOS	
	TITULO+RESUMEN	

Las reivindicaciones definen el objeto por el que se solicita la protección. Deben ser claras, concisas y han de fundarse en la descripción [57]. El alcance de protección de una patente lo definen las reivindicaciones, y cada reivindicación por separado confiere sus propios derechos y es susceptible de ser infringida o declarada nula; es decir cada reivindicación supone una invención y una realización cuestionada no tiene porqué suponer la nulidad de todo un documento de patente.

El resto del contenido de la patente da soporte a las reivindicaciones y se utiliza para interpretarlas, ayudando a justificar los requisitos de patentabilidad de la invención.

Las reivindicaciones describen una simultaneidad de elementos o **características técnicas**, que de forma clara y concisa identifican la invención que se desea proteger. En general se redactan en dos partes:

PREÁMBULO + nexo + PARTE CARACTERIZADORA

El preámbulo comprende la definición del objeto de la invención seguida de todas aquellas características técnicas conocidas y necesarias que lo definen. Es importante que en el preámbulo no aparezcan características técnicas nuevas o con actividad inventiva que se pretendan proteger.

El nexos precede la parte caracterizadora de la invención. Suelen usarse las expresiones que comprende, caracterizado por que (separado, no junto), donde o que consiste.

La parte caracterizadora recoge las características técnicas que se quieren proteger, y define el alcance de la protección.

Por ejemplo:

1.- Dispositivo que comprende un bastidor de aluminio al que se le acoplan dos lentes alineadas con los ojos.

1.- Dispositivo caracterizado por que (o donde) la temperatura de fusión del elemento A es entre 100 y 150 °C.

1.- Método que comprende las siguientes etapas:

a) mezclar 30 gr de A y 80 gr de B

b) calentar la mezcla a 37°C durante al menos dos horas.

El uso de los nexos no es trivial, y conviene conocer el más adecuado para cada reivindicación a partir de las guías de examen o del solicitante que publican las oficinas de patentes. Así por ejemplo, definir una invención con el nexo "que comprende" o "que consiste" supone una interpretación muy diferente. En el primer caso significa que el alcance de la reivindicación trasciende las características reivindicadas y puede ir más allá. En el segundo caso el alcance de la reivindicación se circunscribe exactamente a esas características técnicas.

Las estrategias para redactar reivindicaciones dependen de muchos factores, que en todo caso inciden en la necesidad de aportar soluciones nuevas con actividad inventiva y aplicación industrial. Esto conduce a que haya tipos específicos de reivindicaciones con objetivos muy concretos, como por ejemplo las de Markush para compuestos químicos, o las de Jepson o en dos partes ([90]).

1.2.1 CATEGORÍAS DE REIVINDICACIONES

Existen al menos dos categorías de reivindicaciones:

- Producto o entidad: electromecánico (el más general), químico, fitosanitario, farmacéutico, alimentario, materia biológica o información genética.
- Procedimiento, método o actividad: Cualquier acción o conjunto de acciones (a menudo secuenciales) con productos o con otros procedimientos.

Una tercera categoría que proponen algunos autores podría ser los usos. Es una categoría muy empleada en la protección de invenciones biológicas o farmacéuticas. A este respecto, cuando a una sustancia conocida se le descubren segundos usos farmacéuticos, aún es posible realizar una patente sobre este aspecto utilizando reivindicaciones a la suiza. Sin embargo este tipo de reivindicaciones pueden ser complicadas de sostener.

Las reivindicaciones de producto, son el tipo de reivindicaciones más apropiadas para proteger dispositivos como el que es objeto de esta publicación, y es en la categoría en la que se centra este trabajo. Sin embargo habría que mencionar que una misma solicitud puede tener reivindicaciones independientes para una misma unidad de inventiva. Por ejemplo:

R1-. Producto A

R2-. Procedimiento para fabricar el producto A

R3-. Uso del producto A

En el ejemplo anterior una sola patente contiene tres reivindicaciones independientes, cada una de una categoría diferente. A su vez, de cada reivindicación independiente podrá haber un número más o menos grande de reivindicaciones dependientes con opciones más específicas.

Los derechos conferidos para cada categoría de reivindicación están recogidos en la Ley (Art. 50 Ley Española de patentes). Así, en el caso concreto de reivindicaciones de producto, el titular tiene derecho a impedir su fabricación, su ofrecimiento, su introducción en el comercio, su utilización, su importación y su posesión. En el caso de reivindicaciones de procedimiento o método un tercero está impedido a el uso de ese procedimiento o a ofrecérselo a otros.

1.2.2 DEPENDENCIAS Y MAPA DE REIVINDICACIONES

Además de varias categorías de reivindicaciones, en una sola solicitud de patente con una sola categoría pueden también convivir varios tipos de reivindicaciones:

- Reivindicaciones independientes: se refieren a los distintos objetos inventivos (producto/s, método/s uso/s) descritos con características técnicas amplias y menos limitativas y que aun así cumplen los requisitos de patentabilidad.
- Reivindicaciones dependientes: son de la misma categoría de la reivindicación de la que dependen y su alcance es un subconjunto del alcance de esta última. Se refieren a las realizaciones preferidas.



Ilustración 1 Reivindicación dependiente

Las reivindicaciones dependientes también se construyen mediante características técnicas, pero además hacen referencia a la reivindicación de la que dependen. No deben confundirse con reivindicaciones independientes que simplemente hacen referencia a reivindicaciones, también independientes, pero de otra categoría (Ej: producto para llevar a cabo el método de la reivindicación X).

Las realizaciones preferidas o específicas de la invención describen particularizaciones de la descripción general en la forma de características técnicas específicas o ampliando los componentes que componen el producto final. Estas realizaciones exploran las múltiples posibilidades de cada componente señalado en la propuesta general de diseño ampliando el alcance de la misma a través de varios niveles de detalle.

Por ejemplo:

Reivindicación nº 1: Procedimiento “caracterizado por” / “que comprende” los elementos / etapas / fases A, B y C.

Reivindicación nº 2: Procedimiento, según la reivindicación 1, donde B (elemento / característica seleccionada entre la definición más general) es B1 (realización particular).

Reivindicación nº 3: Procedimiento, según la reivindicación 2, donde B1 es B1' (realización aún más particular).

Reivindicación nº 4: Procedimiento según la reivindicación 3, que además comprende el elemento D (elemento adicional). Esto significa que el elemento adicional se da cuando B1 es B1' ya que depende de la Reivindicación 3

Reivindicación nº 5: Procedimiento, según la reivindicación 1, donde A (elemento / característica seleccionada entre la definición más general) es A1 (realización particular).

La organización de la invención en realizaciones preferidas no es trivial, y requiere una planificación previa que normalmente se condensa en un mapa de reivindicaciones. De esta forma, las dependencias entre reivindicaciones determinan el nivel superior o inferior de las realizaciones preferidas. En general, los niveles de dependencia o multidependencia entre las reivindicaciones raramente superan los cuatro.

Siguiendo el ejemplo anterior, su mapa de reivindicaciones es:

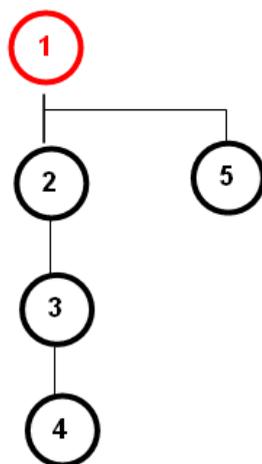


Ilustración 2 Ejemplo de mapa de reivindicaciones

Las razones que conducen a una propuesta jerárquica de reivindicaciones son fundamentalmente dos. Por un lado, la reivindicación independiente es tan genérica como lo permita el estado de la técnica y los requisitos de patentabilidad. En ocasiones la generalización alcanza tal nivel de abstracción que es difícil para el lector o el examinador de la patente comprender el objeto reivindicado y distinguir si es o no realizable. Al indicar reivindicaciones más concretas, que muchas veces se apoyan en los ejemplos, se facilita la comprensión de la invención y se le da credibilidad. Por otro lado, la estructuración de las reivindicaciones mediante dependencias permite asegurar posiciones de retroceso en el caso de que la invención sea cuestionada bien por el examinador de la oficina de patentes o bien por un tribunal, de forma que se puede conseguir mantener la patente, aunque con un alcance más estrecho. Así, cuando una reivindicación independiente se cuestiona porque su ámbito es tan amplio como para no ser considerada nueva o con actividad inventiva, se pueden "subir" características técnicas de las reivindicaciones dependientes, que son más específicas, de forma que la reivindicación independiente, ahora más específica, sí supera el examen de patentabilidad.

En caso necesario (sobre todo para facilitar la claridad de la invención, o para evitar la redundancia de reivindicaciones), se pueden utilizar dependencias múltiples del tipo "ó"/"según cualquiera de las reivindicaciones anteriores" o de tipo "y"/ "según todas las reivindicaciones anteriores".

Uso de ó / según cualquiera de las reivindicaciones anteriores: se las conoce como dependencia múltiple de tipo alternativo (*multiple dependent claims*). Aunque en ciertas ocasiones es muy tentador, utilizar este tipo de dependencia múltiple presenta algunos inconvenientes. El primero es que si se usa en una reivindicación, ésta no puede usarse como base para otra dependencia

múltiple (otras reivindicaciones con ó no pueden depender de ella) porque supondría una objeción por falta de claridad en algunos países, como por ejemplo Estados Unidos. Sí pueden depender de ella reivindicaciones simples. El segundo tiene que ver con el coste de una solicitud. Cuando se supera un cierto número de reivindicaciones, que fija cada oficina de patentes, se debe pagar el exceso. Una reivindicación de este tipo en realidad se interpreta como que contiene varias, cada una con una dependencia sencilla. Es uso de una dependencia múltiple de tipo alternativo por lo tanto multiplica el número de reivindicaciones.

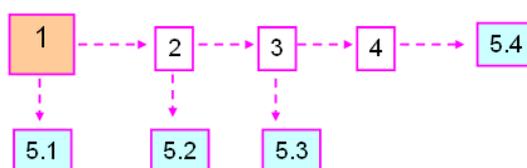


Ilustración 3 La dependencia de la reivindicación 5 es múltiple de tipo alternativo según cualquiera de las anteriores

Uso de y / según todas las reivindicaciones anteriores. se conocen como dependencia múltiple acumulativa y su uso es más raro que las anteriores. Sirven para hacer una reivindicación dependiente de otras dos reivindicaciones que normalmente a su vez son independientes entre sí. La reivindicación dependiente aúna las características técnicas de las dos independientes. Por otra parte hay veces que se hace un uso inadecuado de esta fórmula y es cuando se hace en una cadena lineal de reivindicaciones dependientes. Ejemplo: cuando se dice que la reivindicación 2 depende de la reivindicación 1; decir que la reivindicación 3 depende de la 2 y la 1 es redundante. Al depender de la 2, se sobrentiende que también contiene las características técnicas de la 1.

Lo recomendable en general es utilizar cadenas de dependencias "simples" en contraposición de dependencias múltiples y redactar las reivindicaciones dependientes en orden jerárquico, empezando por los elementos más importantes.

1.2.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

En general el alcance de la protección de una invención se define mediante características técnicas positivas, basadas en la descripción, que deben ser claras y concisas. La reivindicación que las contiene se redacta mediante una sola oración, que puede tener comas, o puntos y comas, pero solo un punto (el final).

En el caso de los productos o entidades, las características técnicas suelen ser un conjunto de:

- Elementos estructurales: por ejemplo un tornillo o una leva, en donde se establece además su relación con otros elementos de la invención.
- Elementos funcionales: que se definen por su función, como unos medios de unión, o unos medios motores.
- Elementos intencionales: que sirven para un propósito dado
- Elementos paramétricos: como por ejemplo una magnitud física de temperatura o de dureza.

Las leyes de patentes exigen específicamente que las reivindicaciones sean claras y concisas. Esto implica que no pueden utilizarse como elementos reivindicativos:

- Términos relativos, como fino, ancho o sólido, salvo si tienen un sentido bien establecido en la técnica considerada, como por ejemplo "alta tensión".
- Nombres o marcas comerciales ya que están sujetas a cambios periódicos, salvo que su uso sea inevitable.
- Elementos de deseo. Por ejemplo, no se puede reivindicar algo como "Método para la construcción de un motor caracterizado porque da lugar a un Ferrari", sino algo como "Método para la construcción de un motor que comprende las siguientes etapas" (y que como inventores sabemos que colateralmente da lugar a un Ferrari).

Existen igualmente algunas características, que no se pueden utilizar debido a que no son "técnicas", sino meras opciones de diseño. Por ejemplo un color (blanco), un calificativo (bonito), etc. Hay que considerar que en algunos casos hay características que pueden efectivamente ser técnicas, ya que producen un efecto que soluciona el problema considerado, como por ejemplo que una pared sea blanca, con una difracción determinada, que aumenta la dispersión lumínica.

1.2.4 ESTRATEGIAS DE REDACCIÓN DE PATENTES

En los apartados anteriores se realizan una serie de consideraciones genéricas respecto a la estructuración de una invención en reivindicaciones y la redacción de las mismas utilizando características técnicas.

También se menciona que una patente comprende varios apartados, cuya función principal es dar soporte a las reivindicaciones. La estructura de un documento de patente no tiene por qué seguir rigurosamente el orden que se propone, siempre que el contenido sea similar. Sin embargo, para conseguir un documento de patente válido para su propósito se recomienda esta forma de redacción.

Titulo y objeto de la invención y sector de la técnica

El título debe definir la invención evitando la atribución de méritos o calificativos de tipo comercial (nuevo, extraordinario, utilísimo). Normalmente coincide con el preámbulo de las reivindicaciones.

Como parte introductoria de la memoria, se debe mencionar brevemente el objeto inventivo y el sector de la técnica donde se encuadra (Ej: sector químico, farmacéutico, tecnología... catalizadores para..., producto fitosanitario para..., dispositivo electrónico para...).

Estado de la técnica

Además de realizar una recopilación sobre el estado de la técnica relacionado con la invención, este apartado tiene una función muy importante. Es conveniente que en esta parte de la patente se indiquen los problemas o inconvenientes que tiene el Estado de la Técnica porque, cuando más adelante se exponga la invención en el apartado de descripción, se deberán asimismo indicar las ventajas que aporta y es muy conveniente que éstas se relacionen con los inconvenientes mencionados para revelar cómo son superados por nuestra invención. De esta forma, se puede justificar que el invento es nuevo y tiene actividad inventiva respecto al estado de la técnica, que son dos de los tres requisitos de patentabilidad. A partir de este texto, el lector debe estar convencido de que el invento es patentable.

Se debe evitar circunscribir los problemas del estado del arte a un grupo de publicaciones concretas. Es mejor referirse a algo más general, sin entrar en particularizaciones. Sin embargo sí es conveniente usar referencias a patentes u otras publicaciones cuando se realice el análisis del estado del arte pero, aunque se trata de hacer una crítica pormenorizado de cada una de ellas.

Tampoco hay que evidenciar que los problemas del estado de la técnica son tales, que hacen que la propuesta de la invención sea inevitable para superarlos (y por tanto carezca de actividad inventiva). Por ejemplo decir en el estado del arte que una tecnología no funciona bien porque no se usa un lubricante, y a continuación

patentar este lubricante podría suponer una solución evidente: si el problema era conocido, y la solución evidente ¿Dónde está la actividad inventiva?

En general, el apartado de estado de la técnica permite plantear el / los problemas del Estado de la Técnica que interese, de la forma en que interese. De esta forma, se puede argumentar que el invento es *nuevo* y tiene *actividad inventiva*.

Descripción de la invención

Este apartado debe ser claro y completo, de forma que: se permita la comprensión del problema técnico planteado, se permita la comprensión de la solución que se plantea al mismo, se indiquen además las ventajas de la invención con relación al estado de la técnica anterior y la manera en la que la invención es susceptible de aplicación industrial (describiendo los sectores o áreas de aplicación de la invención).

La función principal de este apartado es dar soporte a las reivindicaciones y justificar la actividad inventiva a partir de las ventajas. Es recomendable hacerlo una vez que las reivindicaciones estén definidas, ya que su estructura será similar a ellas, pero con un estilo de redacción peculiar.

Hay que ser minucioso respecto a la terminología que se utiliza ya que a la vista de este apartado se pueden llegar a interpretar las reivindicaciones. Por lo tanto no se debe ser más restrictivo que lo que se indican en ellas. Por ejemplo, usar “medios motores” en las reivindicaciones y “motor eléctrico” en la descripción si especificar que esto es una realización preferida o utilizar referencias numéricas para referirse a los componentes que aparecen en las figuras, las cuales suelen ser igualmente meras realizaciones preferidas.

Descripción de las figuras

En este apartado se describe brevemente el contenido de las figuras y las aclaraciones pertinentes. En cualquier caso se debe mencionar entre paréntesis al lado de todos los componentes las referencias a los números o letras usadas en las figuras. Ejemplo: Filtro EMI (1).

Explicación de una forma de realización preferente:

En los ejemplos de realización preferente se deben mencionar realizaciones específicas de los elementos reivindicados, de forma que se muestre que la invención es posible y realizable.

En este caso ya no importa particularizar datos (una temperatura concreta, un tipo de metal específico, etc.), de hecho es conveniente. También se pueden usar tablas, por ejemplo para mostrar resultados de laboratorio. Es recomendable usar tiempo verbal pasado (Se ha hecho, se aplicó...).

Al igual que en las reivindicaciones, cuando se describen los ejemplos, se debe mencionar entre paréntesis, al lado de los "componentes", las referencias a los números o letras usadas en las figuras.

Los ejemplos deben ser coherentes con lo que se reivindica. Por ejemplo, un error típico es decir en uno de los ejemplos que es imprescindible el uso de un electrodo adicional de tierra, ya que si no cierto chip nunca funcionará, cuando en las reivindicaciones se trata el electrodo adicional como una mera realización preferida recogida en una reivindicación dependiente. También es un error típico utilizar rangos que no están cubiertos en las reivindicaciones, como por ejemplo mencionar en una reivindicación que la temperatura debe situarse en un intervalo cerrado de 10°C a 150°C y luego decir en el ejemplo de realización que la temperatura es 520°C.

Reivindicaciones

Como ya se ha indicado, las reivindicaciones son fundamentales para definir el alcance de la protección. Es tremendamente importante obtener una buena reivindicación independiente(o varias si se considera apropiado), que contenga los componentes imprescindibles del dispositivo y que sea tan general como lo permita el estado de la técnica, sin que colisione con él, de forma que cumpla los requisitos de patentabilidad.

Para estructurar la invención se recomienda realizar un mapa de reivindicaciones, que sirve para comprenderlas mejor y ver sus relaciones. Como si de un árbol se tratara, el tronco se corresponde a la reivindicación o reivindicaciones principales, y se va ramificando en las reivindicaciones dependientes.

Dibujos

Los dibujos sirven para mostrar diferentes formas de realización de la invención reivindicada. Por lo tanto, al contrario de lo que algunos legos consideran, los dibujos no tienen por qué definir el alcance de una invención. Cuando en un dibujo aparece un tornillo, habrá que acudir a las reivindicaciones para establecer si este medio de unión es o no una mera realización entre otras posibles, como un remache, una soldadura o una grapa.

Es recomendable utilizar abreviaturas y evitar las palabras descriptivas, que deberían ir al apartado de descripción de las figuras. En general, en las figuras sólo se admite texto básico para la comprensión del dibujo, por ejemplo "vapor" "agua". Por otra parte si no se usan palabras enteras sino abreviaturas o referencias, en caso de extensión internacional serán expresiones que no hará falta que se traduzcan en los dibujos con el consiguiente ahorro (solamente en la "Breve descripción de los dibujos", donde debe ir qué es lo que reflejan los mismos y qué significan las siglas que se indiquen).

Para referirse a componentes en las figuras se suelen usar números o letras que mediante directrices señalan al componente que representan. En la descripción de las figuras se explicará qué es cada una de las referencias que se deseen destacar. Por ejemplo, en la breve descripción de las figuras se puede poner: "en la fig. 1A se muestra el circuito con un filtro EMI (1), y donde V_0 es la tensión de entrada".

Por otra parte un componente que se repite siempre se le debe:

- a) Denominar de la misma manera (no usar sinónimos) Ej: No mencionar indistintamente cable, hilo, conductor o línea, al mismo componente.
- b) Asignar el mismo número de referencia. Filtro EMI debería ser siempre (1), rectificador (2), etc....

Cuando se describen los ejemplos de realización preferente, las reivindicaciones o la descripción de las figuras, se debe mencionar entre paréntesis, al lado de los "componentes", las referencias a los números o letras usadas en las figuras. Esta numeración debe ser la misma para elementos que se repiten en las figuras a lo largo de toda la memoria, incluyendo las reivindicaciones. Así por ejemplo: si el componente "canal de inyección" aparece en varias figuras, siempre se le debe denominar igual y con la misma referencia numérica: "canal de inyección (1)". Por el contrario, utilizar referencias numéricas en el apartado de a descripción de la invención es perjudicial, pues se puede interpretar el alcance de las reivindicaciones como esa realización preferida, aunque se haya pretendido dar un sentido amplio a los términos.

Por esto, en las patentes de productos electromecánicos es recomendable hacer una lista con las partes que se han numerado en las figuras y su número correspondiente para que no haya pérdida y evitar un posible suspenso por falta de claridad.

Resumen

Su contenido debe ser un compendio conciso de la descripción, las reivindicaciones y el dibujo, con un máximo 150 palabras. Comienza con el título de la invención, y si se utilizaron dibujos, se deben mantener las referencias numéricas a los componentes.

En todos los casos existen normas muy rigurosas respecto al formato de un documento de patente y el contenido de cada apartado del mismo, que conviene conocer para evitar suspensiones u objeciones por parte del examinador de la oficina receptora.

1.2.5 INTERPRETACIÓN E INFRACCIÓN DE LAS REIVINDICACIONES

1.2.5.1 Doctrina de los equivalentes

Como ya se ha comentado, el alcance de la protección de una invención está determinado por las reivindicaciones. Sin embargo hay que considerar que la interpretación de las reivindicaciones no es literal, sino que se asume que los equivalentes están igualmente protegidos. Por ejemplo, artículo 69 del convenio de patente Europea [61], que es análogo al de otras legislaciones, indica la protección mediante las reivindicaciones, pero existe un protocolo de interpretación de este artículo en el que se especifica entre otras cosas que:

"Para el propósito de determinar la extensión de la protección conferida por una patente europea, se tendrá debidamente en cuenta cualquier elemento que es equivalente a un elemento especificado en las reivindicaciones."

El alcance de la equivalencia debe ser un término medio entre la interpretación literal del texto y la interpretación de las reivindicaciones como una mera guía de diseño. Se trata de llegar a una posición que asegure a la vez una protección equitativa al solicitante y un grado razonable de certidumbre a los terceros.

Por otra parte, es un error típico determinar el alcance de una patente únicamente a partir de los dibujos o el aspecto formal de un producto. Que algo se parezca a otra invención no significa necesariamente que sea un equivalente o suponga una infracción de patente, pues habrá que atender a las reivindicaciones de cada caso.

1.2.5.2 Regla de la simultaneidad

Además de la doctrina de los equivalentes, un examen de patentabilidad de una invención debe considerar la "regla de simultaneidad de todos los elementos". Esta regla indica que una reivindicación sólo se infringe por una realización cuestionada si responde simultáneamente (literalmente o por equivalencia) a todos los elementos de la reivindicación.

Por ejemplo:

Reivindicación nº 1: Dispositivo que comprende los elementos A, B y C.

Un dispositivo que comprende A y B: no infringe la reivindicación.

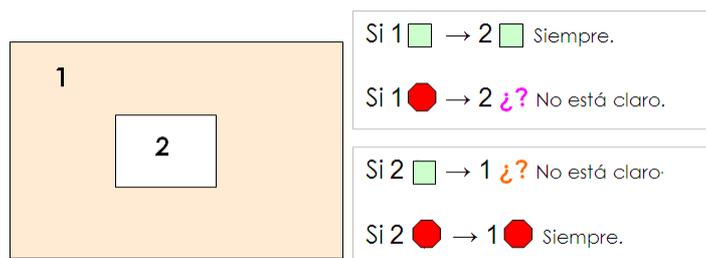
Un dispositivo que comprende A, B, C y X: sí infringe la reivindicación.

Por lo tanto a la vista de esta regla y de la doctrina de equivalentes, es fácil entender que la redacción de una buena reivindicación independiente debe ser una solución de compromiso entre la utilización de características técnicas, con una generalización lo suficientemente amplia, pero también lo suficientemente reducida (con el número mínimo de elementos posible), como para cumplir los requisitos de patentabilidad.

Igualmente, una reivindicación no puede considerarse nula parcialmente, sino que se las debe interpretar como un bloque unitario, definido simultáneamente por todos sus componentes.

1.2.5.3 Test de novedad y actividad inventiva

Por otra parte, para construir un buen mapa de reivindicaciones se debe asegurar que toda la estructura cumple los requisitos de novedad y actividad inventiva respecto al estado del arte. Para ello, se puede utilizar un test de infracción o de novedad y actividad inventiva teniendo en cuenta el presente esquema:



En el dibujo, "1" es una reivindicación independiente y "2" es una reivindicación que depende de la primera, con características técnicas más específicas o con elementos adicionales. Cuando se localiza un documento en el estado de la técnica que puede afectar a la estructura de reivindicaciones, se debe comprobar cómo afecta a cada una de ellas, y si se pueden aportar soluciones que garanticen la patentabilidad de la invención. Así, se pueden considerar los siguientes principios:

Si la reivindicación 1 cumple los requisitos de patentabilidad, necesariamente los cumple la reivindicación 2, pues es una particularización de la primera.

Si la reivindicación 2 no cumple los requisitos de patentabilidad, necesariamente no los cumple la reivindicación 1, pues es una generalización de la dependiente, y supondría un inconveniente para patentar la propuesta.

Sin embargo, si una reivindicación independiente no cumple los requisitos de patentabilidad es posible que una realización específica contenida en una reivindicación dependiente sí los cumpla. En este caso es muy habitual salvar la patentabilidad de la invención utilizando las características técnicas más concretas o adicionales de la reivindicación dependiente en la independiente (también conocido como subir características técnicas).

Por ejemplo: en una reivindicación independiente se indica que un dispositivo lleva unas ruedas y en una reivindicación dependiente se especifica que éstas son de termoplástico. Si en un documento se anticipa el uso de unas ruedas de aluminio, puede haber un conflicto por falta de novedad en la reivindicación independiente. Pero si resulta que el hecho de que las ruedas de termoplástico proporcionan una solución a un problema técnico de forma no evidente (falta de tracción), esa característica no se puede considerar un mero equivalente, y por lo tanto sí cumple los requisitos de patentabilidad. Así, subiendo esta característica a la reivindicación independiente, se logra tener una invención patentable.

Estas mismas estrategias se pueden usar entre reivindicaciones dependientes que se estratifican en varios niveles, cuya relación se recoge en el mapa de reivindicaciones.

1.3 BIBLIOGRAFÍA

[57] Gobierno de España, Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes de Invención y Modelos de utilidad., 1986.

[88] Gobierno de España, «Ley de Propiedad Intelectual. Texto refundido aprobado por Real. Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril,» 1996.

[89] J. Massaguer, «El contenido y alcance del derecho de patente,» 2006.

[90] P. Segura, «Curso sobre patentes y modelos de utilidad,» Madrid, 2006.

Anexo II Reivindicaciones de la invención

A continuación se muestra el juego de reivindicaciones que definen el alcance de la invención resultante de este trabajo. Para facilitar su interpretación, se han dividido en diferentes apartados, según el objeto inventivo más relevante que se trata en cada caso. En general, el orden de estos apartados sigue el establecido en la reivindicación independiente a la hora de revelar los diferentes componentes que, como características técnicas, delimitan la realización principal.

1.1 REIVINDICACIÓN PRINCIPAL INDEPENDIENTE

1. Casco protector de tipo abierto o Jet que comprende:

- una carcasa (1) exterior que cubre el cráneo del usuario;
- un visor (2) abatible que protege los ojos, la cara y la mandíbula total o parcialmente;
- un sistema de protección y retención desplegable alojado en la parte interior o en la exterior de la carcasa (1) exterior que a su vez comprende al menos dos protectores (3) rígidos o semirígidos que se despliegan tras un impacto y retienen y protegen la cabeza del usuario;
- unos medios de transmisión de la variable de impacto del visor (2) al sistema de protección y retención;
- un sistema de conexión (14) del visor (2) abatible con los medios de transmisión.

1.2 REIVINDICACION RELACIONADA CON LA CARCASA

2. Casco protector según la reivindicación 1 caracterizado porque además comprende un relleno protector y/o un relleno de confort en el interior de la carcasa (1).

1.3 REIVINDICACIONES RELACIONADAS CON EL VISOR

3. Casco protector según la reivindicación 1 caracterizado porque el visor (2) es de policarbonato.
4. Casco protector según la reivindicación 1 caracterizado porque el visor (2) es de polimetilmetacrilato.
5. Casco protector según la reivindicación 1 caracterizado porque el visor (2) es una multicapa de materiales.
6. Casco protector según la reivindicación 1 caracterizado porque el visor (2) es de espesor variable.
7. Casco protector según la reivindicación 1 caracterizado porque el visor (2) además comprende una guía (4) en la parte inferior que conduce al protector (3) durante su despliegue.
8. Casco protector según la reivindicación 7 caracterizado porque la guía (4) es del mismo material que el visor (2) y solidaria a él.

1.4 REIVINDICACIONES RELACIONADAS CON LOS PROTECTORES

9. Casco protector según la reivindicación 1 caracterizado porque el protector (3) del sistema de protección es de plástico, fibra, metal o aleaciones de metales, o una combinación de ellos.
10. Casco protector según la reivindicación 9 caracterizado porque el sistema de protección tiene dos protectores (3) alojados en los laterales de la carcasa (1) que se despliegan hacia delante tras un impacto.
11. Casco protector según la reivindicación 10 caracterizado porque los protectores (3) se despliegan hasta que sus extremos libres entran en contacto.
12. Casco protector según la reivindicación 1 caracterizado porque el sistema de protección además comprende unos medios de amortiguamiento (5) entre el protector (3) y la cabeza del usuario.
13. Casco protector según la reivindicación 12 caracterizado porque los medios de amortiguamiento (5) son una espuma sobre el protector (3).
14. Casco protector según la reivindicación 12 caracterizado porque el sistema de protección además comprende unos medios de inyección (6).
15. Casco protector según las reivindicaciones 13 y 14 caracterizado porque la espuma se proyecta a través de unos medios de inyección (6) sobre el protector (3) a medida que el protector (3) se despliega durante el impacto.
16. Casco protector según la reivindicación 12 caracterizado porque los medios de amortiguamiento (5) son una bolsa inflada sobre el protector (3).
17. Casco protector según la reivindicación 12 caracterizado porque el sistema de protección además comprende unos medios de inflado (7).
18. Casco protector según las reivindicaciones 16 y 17 caracterizado porque la bolsa se infla a través de unos medios de inflado (7) sobre el protector (3) a medida que el protector (3) se despliega durante el impacto.

19. Casco protector según las reivindicaciones 14 ó 17 caracterizado porque además comprende al menos un sensor de presión y/o un acelerómetro y/o un inclinómetro y/o un sensor inercial que envía/n una señal analógica o digital que determina el accionamiento de los medios de inyección (6) o los medios de inflado (7).
20. Casco protector según las reivindicaciones 14 ó 17 caracterizado porque el accionamiento de los medios de transmisión desencadenan el accionamiento de los medios de inyección (6) o los medios de inflado (7).

1.5 REIVINDICACIONES RELACIONADAS CON LA TRANSMISIÓN

21. Casco protector según la reivindicación 1 caracterizado porque los medios de transmisión comprenden un conjunto de engranajes o un conjunto de émbolo y pistón o un conjunto de cremallera, o un conjunto de poleas con correa o un sistema de resortes o un elástico o un conjunto de barras o bielas o una combinación de cualquiera de ellos.
22. Casco protector según la reivindicación 21 caracterizado porque los medios de transmisión comprenden un conjunto de al menos tres barras articuladas o bielas o palancas (8) con al menos una articulación conducida por una pequeña guía (9), tal que la relación entre la velocidad de salida del extremo de la barra (8) conectada al protector (3) y la velocidad de entrada del extremo de la barra (8) conectada al visor (2) es mayor o igual que uno.
23. Casco protector según la reivindicación 22 caracterizado porque las barras (8) están unidas por dos articulaciones, al menos dos barras (8) son colineales y las tres forman un triángulo tras el impacto.
24. Casco protector según la reivindicación 23 caracterizado porque todas las articulaciones que unen las barras (8) están conducidas por pequeñas guías (9).
25. Casco protector según la reivindicación 21 caracterizado porque los medios de transmisión comprenden al menos un engranaje o rueda dentada doble (10)

conducida por una cremallera (11) conectada al visor (2) y conductora de otra cremallera (12) conectada al protector (3) tal que la relación entre la velocidad de salida de la cremallera (12) conectada al protector (3) y la velocidad de entrada de la cremallera (11) conectada al visor (2) es mayor o igual que uno.

26. Casco protector según la reivindicación 25 caracterizado porque los medios de transmisión comprenden varias ruedas dentadas dobles (10) formando un tren de engranajes.
27. Casco protector según la reivindicación 25 caracterizado porque las cremalleras (11) y (12) son curvadas.

1.6 REIVINDICACIONES RELACIONADAS CON UN SISTEMA DE DISPARO

28. Casco protector según la reivindicación 1 que además comprende un sistema de disparo (13), comprendido en el sistema de conexión (14), activado por la variable de impacto del visor (2) durante un impacto y que acciona los medios de transmisión.
29. Casco protector según la reivindicación 28 caracterizado porque el sistema de disparo (13) comprende un gatillo activado por la presión del visor (2) durante un impacto y que acciona los medios de transmisión.
30. Casco protector según la reivindicación 28 caracterizado porque el sistema de disparo (13) es un sensor de presión y/o un acelerómetro y/o un inclinómetro y/o un sensor inercial o una combinación de ellos que envía/n una señal analógica o digital que acciona los medios de transmisión.
31. Casco protector según las reivindicaciones 14 y 28 caracterizado porque el accionamiento del sistema de disparo (13) desencadena el accionamiento de los medios de inyección (6).
32. Casco protector según las reivindicaciones 17 y 28 caracterizado porque el accionamiento del sistema de disparo (13) desencadena el accionamiento de los medios de inflado (7).

Reivindicaciones con Disparo + transmisión

33. Casco protector según las reivindicaciones 21 y 28 caracterizado porque los medios de transmisión comprenden al menos un resorte (17) que al liberarse por el sistema de disparo (13) impulsa y despliega los protectores (3).
34. Casco protector según las reivindicaciones 21 y 28 caracterizado porque los medios de transmisión comprenden al menos un elástico que al liberarse por el sistema de disparo (13) impulsa y despliega los protectores (3).
35. Casco protector según las reivindicaciones 22 y 28 caracterizado porque los medios de transmisión además comprenden un conjunto de émbolo y pistón, y/o un resorte (17).
36. Casco protector según las reivindicaciones 22 y 28 caracterizado porque los medios de transmisión además comprenden un conjunto de émbolo y pistón, y/o un elástico.
37. Casco protector según las reivindicaciones 21, 34 ó 36 caracterizado porque el elástico es un elastómero.
38. Casco protector según las reivindicaciones 35 ó 36 caracterizado porque el conjunto émbolo y pistón es hidráulico.
39. Casco protector según las reivindicaciones 35 ó 36 caracterizado porque el conjunto de émbolo y pistón es neumático.

Reivindicaciones del sistema de conexión

40. Casco protector según la reivindicación 1 caracterizado porque el sistema de conexión (14) del visor (2) abatible con los medios de transmisión comprende un vástago que forma parte del visor (2) que se aloja en un hueco incluido en los medios de transmisión.
41. Casco protector según la reivindicación 1 caracterizado porque el sistema de conexión (14) del visor (2) abatible con los medios de transmisión comprende un pestillo a cada lado del casco que fija el visor (2) a los medios de transmisión.

42. Casco protector según la reivindicación 1 caracterizado porque el sistema de conexión (14) del visor (2) abatible con los medios de transmisión comprende un gancho a cada lado del casco que fija el visor (2) a los medios de transmisión.
43. Casco protector según la reivindicación 1 caracterizado porque el sistema de conexión (14) del visor (2) abatible con los medios de transmisión comprende al menos una articulación fija (15) y una articulación desplazable (16) en cada extremo del visor (2), que permiten el giro del visor (2) respecto a las articulaciones fijas (15).
44. Casco protector según la reivindicación 43 caracterizado porque el sistema de conexión (14) del visor (2) abatible con los medios de transmisión comprende una articulación fija (15) en cada parte media de los extremos del visor (2) y dos articulaciones desplazables (16) en cada parte superior e inferior de los extremos del visor (2), que permiten el giro del visor (2) respecto a las articulaciones fijas (15).
45. Casco protector según las reivindicaciones 41 y 43 caracterizado porque el sistema de conexión (14) se activa mediante un interruptor o un botón accionado con una sola mano del usuario.
46. Casco protector según las reivindicaciones 42 y 43 caracterizado porque el sistema de conexión (14) se activa mediante un interruptor o un botón accionado con una sola mano del usuario.

1.7 REIVINDICACIONES DE USOS

47. Uso del casco protector de la reivindicación 1 en la conducción de vehículos.
48. Uso del casco protector de la reivindicación 47 caracterizado porque el vehículo es de motor.
49. Uso del casco protector de la reivindicación 48 caracterizado porque el vehículo es una motocicleta, un ciclomotor o un cuatriciclo.
50. Uso del casco protector de la reivindicación 1 en la protección de usuarios pertenecientes a los servicios de emergencias, incluyendo a los bomberos.

51. Uso del casco protector de la reivindicación 1 en la protección de usuarios pertenecientes a los cuerpos y fuerzas de seguridad del estado o policía.
52. Uso del casco protector de la reivindicación 1 en la protección de usuarios pertenecientes a las fuerzas armadas o militares.

Anexo III Familia de patentes

En este anexo se muestra la primera página del documento de solicitud de patente española (ES 2357126 A1) y el documento de patente concedida con examen previo (ES 2357126 B2). También se muestra la solicitud internacional utilizando la vía PCT (WO 2012062940 A1). Todos estos documentos constituyen la familia de patentes que protegen el protector craneal de características de seguridad avanzadas, inventado y diseñado en esta investigación.



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 357 126**

② Número de solicitud: 201001470

⑤ Int. Cl.:

A42B 3/04 (2006.01)

A42B 3/18 (2006.01)

A42B 3/32 (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫ Fecha de presentación: **10.11.2010**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **19.04.2011**

④ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
19.04.2011

⑦ Solicitante/s: **Universidad de Oviedo
Plaza de Riego, 4 - Edificio Histórico
33003 Oviedo, Asturias, ES**

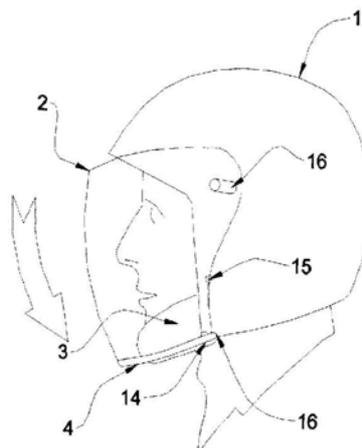
⑦ Inventor/es: **Cueto Cuiñas, Marcos;
Ortega Fernández, Francisco;
Álvarez Cabal, José Valeriano y
Villanueva Balseira, Joaquín**

⑦ Agente: **No consta**

⑤ Título: **Casco protector de tipo abierto o Jet y sus usos.**

⑦ Resumen:

Casco protector de tipo abierto o Jet y sus usos, que comprende una carcasa (1), un visor (2) abatible que protege los ojos, la cara y la mandíbula total o parcialmente, un sistema de protección y retención desplegable alojado en la parte interior o exterior de la carcasa (1) que a su vez comprende al menos dos protectores (3) rígidos o semirrígidos que se despliegan tras un impacto y retienen y protegen la cabeza del usuario, unos medios de transmisión de la variable de impacto del visor (2) al sistema de protección y retención y un sistema de conexión (14) del visor (2) con los medios de transmisión. De aplicación en aquellos sectores en los que se diseñen, produzcan o utilicen cascos, como por ejemplo el de agricultura, maquinaria y equipo mecánico, material y equipo eléctrico, electrónico y óptico, material para transporte, o material para la protección individual de personas.



ES 2 357 126 A1



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 357 126**

⑫ Número de solicitud: 201001470

⑮ Int. Cl.:

A42B 3/04 (2006.01)

A42B 3/18 (2006.01)

A42B 3/32 (2006.01)

⑫ PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

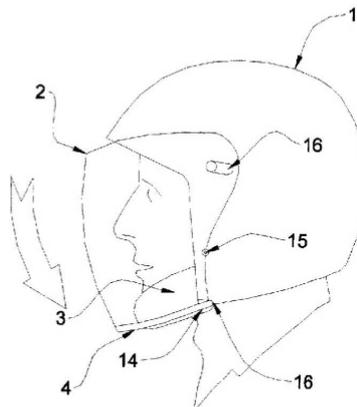
B2

<p>⑫ Fecha de presentación: 10.11.2010</p> <p>⑬ Fecha de publicación de la solicitud: 19.04.2011</p> <p>Fecha de la concesión: 01.09.2011</p> <p>⑭ Fecha de anuncio de la concesión: 14.09.2011</p> <p>⑮ Fecha de publicación del folleto de la patente: 14.09.2011</p>	<p>⑰ Titular/es: Universidad de Oviedo Plaza de Riego, 4 - Edificio Histórico 33003 Oviedo, Asturias, ES</p> <p>⑱ Inventor/es: Cueto Cuiñas, Marcos; Ortega Fernández, Francisco; Álvarez Cabal, José Valeriano y Villanueva Balsera, Joaquín</p> <p>⑳ Agente: No consta</p>
--	---

⑳ Título: **Casco protector de tipo abierto o jet y sus usos.**

㉑ Resumen:

Casco protector de tipo abierto o jet y sus usos, que comprende una carcasa (1), un visor (2) abatible que protege los ojos, la cara y la mandíbula total o parcialmente, un sistema de protección y retención desplegable alojado en la parte interior o exterior de la carcasa (1) que a su vez comprende al menos dos protectores (3) rígidos o semirrígidos que se despliegan tras un impacto y retienen y protegen la cabeza del usuario, unos medios de transmisión de la variable de impacto del visor (2) al sistema de protección y retención y un sistema de conexión (14) del visor (2) con los medios de transmisión. De aplicación en aquellos sectores en los que se diseñen, produzcan o utilicen cascos, como por ejemplo el de agricultura, maquinaria y equipo mecánico, material y equipo eléctrico, electrónico y óptico, material para transporte, o material para la protección individual de personas.



ES 2 357 126 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional(10) Número de Publicación Internacional
WO 2012/062940 A1(43) Fecha de publicación internacional
18 de mayo de 2012 (18.05.2012)

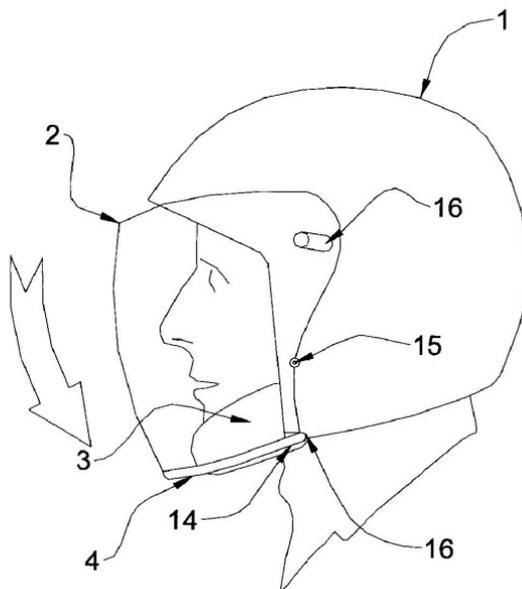
- (51) Clasificación Internacional de Patentes:
A42B 3/04 (2006.01) A42B 3/32 (2006.01)
A42B 3/18 (2006.01)
- (21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2011/000305
- (22) Fecha de presentación internacional:
14 de octubre de 2011 (14.10.2011)
- (25) Idioma de presentación: español
- (26) Idioma de publicación: español
- (30) Datos relativos a la prioridad:
P201001470
10 de noviembre de 2010 (10.11.2010) ES
- (71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US): UNIVERSIDAD DE OVIEDO [ES/ES]; C/ San Francisco, 3, E-33003 Oviedo (ES).
- (72) Inventores; e
- (75) Inventores/Solicitantes (para US solamente): CUETO CUIÑAS, Marcos [ES/ES]; OTRI, Edificio Severo Ochoa, Planta baja, Campus de "el Cristo", E-33006 Oviedo (Asturias) (ES). ORTEGA FERNANDEZ, Francisco [ES/ES]; OTRI, Edificio Severo Ochoa, Planta baja, Campus de "el Cristo", E-33006 Oviedo (Asturias) (ES). ALVAREZ CABAL, José Valeriano [ES/ES]; OTRI, Edificio Severo Ochoa, Planta baja, Campus de "el Cristo", E-33006 Oviedo (Asturias) (ES). VILLANUEVA BALSERA, Joaquín [ES/ES]; OTRI, Edificio Severo Ochoa, Planta baja, Campus de "el Cristo", E-33006 Oviedo (Asturias) (ES).
- (74) Mandatario: UNIVERSIDAD DE OVIEDO; OTRI, Edificio Severo Ochoa, Planta baja, Campus de "el Cristo", E-33006 Oviedo (Asturias) (ES).
- (81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE,

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: OPEN-FACE- OR JET-TYPE PROTECTIVE HELMET AND USES THEREOF

(54) Título : CASCO PROTECTOR DE TIPO ABIERTO O JET Y SUS USOS

FIG. 1 C



(57) Abstract: Open-face- or jet-type protective helmet and uses thereof, comprising a shell (1), a fold-down visor (2) for protecting the eyes, the face and the jaw, totally or partially, a deployable protection and retention system housed in the inner or outer part of the shell (1), which in turn comprises at least two rigid or semi-rigid protective devices (3) that are deployed after an impact and retain and protect the user's head, means for transmission of the impact variable from the visor (2) to the protection and retention system, and a system (14) for connecting the visor (2) to the transmission means. The present helmet can be used in those sectors where helmets are designed, produced or used such as, for example, the sectors of agriculture, machinery and mechanical equipment, electric, electronic and optical material and equipment, material for transport or material for individual protection of people.

(57) Resumen:

[Continúa en la página siguiente]

WO 2012/062940 A1

Anexo IV Informes sobre el estado de la técnica

En este anexo se recoge informe sobre el estado de la técnica (IET) de la patente nacional y el *interational search report* (ISR) de la extensión PCT confeccionados por las oficinas de examen. Ambos documentos son positivos para la invención obtenida en este trabajo.



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

21 N.º solicitud: 201001470

22 Fecha de presentación de la solicitud: 10.11.2010

32 Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

5 Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	ES 2048472 T3 (GALLET SA) 16/03/1994, Reivindicaciones y figuras.	1,2,9-11,22-14, 47-52
A	KR 20100089234 A (UNIV DONG A RES FOUNDATION) 12/08/2010, Resumen y figuras 3a a 5b.	1,2,9-11,47-52
A	ES 2005682 A6 (COMERCIAL LE MANS S A) 16/03/1989, Resumen, columna 2 líneas 14 a 38 y figuras.	1,2,9-10,47-52
A	US 5263203 A (KRAEMER NELSON ET AL.) 23/11/1993, Resumen y figuras.	1,2,16,18
A	EP 0080202 A2 (ESSEPI SRL) 01/06/1983, Resumen y figuras.	1,2,40-44
<p>Categoría de los documentos citados X: de particular relevancia Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría A: refleja el estado de la técnica</p> <p>O: referido a divulgación no escrita P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud</p>		
<p>El presente informe ha sido realizado <input checked="" type="checkbox"/> para todas las reivindicaciones <input type="checkbox"/> para las reivindicaciones nº:</p>		
<p>Fecha de realización del informe 01.03.2011</p>	<p>Examinador A. Martín Moronta</p>	<p>Página 1/4</p>

INFORME DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

Nº de solicitud: 201001470

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

A42B3/04 (2006.01)

A42B3/18 (2006.01)

A42B3/32 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

A42B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

OPINIÓN ESCRITA

Nº de solicitud: 201001470

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 01.03.2011

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-52	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-52	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

OPINIÓN ESCRITA

Nº de solicitud: 201001470

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	ES 2048472 T3 (GALLET. SA)	16.03.1994
D02	KR 20100089234 A (UNIV DONG A RES FOUNDATION)	12.08.2010
D03	ES 2005682 A6 (COMERCIAL LE MANS S A)	16.03.1989
D04	US 5263203 A (KRAEMER NELSON et al.)	23.11.1993
D05	EP 0080202 A2 (ESSEPI SRL)	01.06.1983

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El presente informe se basa en la solicitud de patente ES201001470 que consta de 52 reivindicaciones.

El objeto de la invención es un casco protector de tipo abierto que comprende una carcasa exterior que cubre el cráneo del usuario, un visor abatible, un sistema de protección y retención desplegable alojado en la parte interior o en la exterior de la carcasa exterior que comprende dos protectores rígidos o semirrígidos que se despliegan tras un impacto y retienen y protegen la cabeza del usuario, unos medios de transmisión de la variable de impacto del visor al sistema de protección y retención, y un sistema de conexión del visor abatible con los medios de transmisión.

En el estado de la técnica hallamos numerosos documentos que divulgan sistemas de protección y retención desplegables alojados en la parte interior o exterior de la carcasa exterior que comprenden dos protectores rígidos, por ejemplo los documentos D01 a D03, pero estos no se despliegan tras un impacto recibido en el visor.

También se divulga el empleo de amortiguadores como medios de protección consistentes en el inflado de bolsas, como muestra el documento D04, numerosos sistemas de conexión del visor, que permiten que este se abata sobre el casco como muestra el documento D05, y sus materiales.

El documento D01 (reivindicaciones y figuras) divulga un casco con un protector de mandíbula que comprende dos protectores rígidos que se desplazan en los laterales de la parte exterior del casco, por medio de dos guías o a través de dos bielas que forman un cuadrilátero deformable, de acuerdo con la necesidad del usuario.

El documento D02 (resumen y figuras 3a a 5b) divulga un casco con un protector de mandíbula que comprende dos protectores rígidos insertados en dos túneles aplicados en los laterales del casco donde que se deslizan de acuerdo con la necesidad del usuario.

El documento D03 (resumen, columna 2 líneas 14 a 38 y figuras) divulga un casco con un protector de mandíbula (7) que comprende dos protectores rígidos que se desplazan en los laterales del casco arrastrados por los medios de transmisión (8) del movimiento oscilatorio del barboquejo.

Ninguno de los documentos citados muestra una disposición como la descrita en la reivindicación 1, en consecuencia no pueden ser considerados como anterioridades. Por otra parte no resulta obvio que, a partir de dichos documentos, un experto en la materia pudiera concebir una disposición similar.

La invención reivindicada a través del contenido de las reivindicaciones 1 a 52 parece aportar mejoras evidentes sobre lo ya conocido y por tanto se puede considerar que es nueva, implica actividad inventiva y tiene aplicación industrial de acuerdo con los artículos 6, 8 y 9 de la ley 11/1986 de 20 de marzo.

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/ES2011/000305

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See extra sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
A42B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, INVENES

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	ES 2048472 T3 (GALLET SA) 16/03/1994, claims and figures	1,2,9-11,22-14, 47-52
A	KR 20100089234 A (UNIV DONG A RES FOUNDATION) 12/08/2010, abstract; figures 3a-5b	1.2.9-11,47-52
A	ES 2005682 A6 (COMERCIAL LE MANS S A) 16/03/1989, abstract; column 2, lines 14-38; figures	1,2,9-10,47-52
A	US 5263203 A (KRAEMER NELSON ET AL.) 23/11/1993, abstract; figures	1,2,16,18
A	EP 0080202 A2 (ESSEPI SRL) 01/06/1983, abstract; figures	1,2,40-44

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15/12/2011Date of mailing of the international search report
(23/02/2012)

Name and mailing address of the ISA/

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Facsimile No.: 91 349 53 04Authorized officer
Belda Soriano, Leopoldo

Telephone No. 91 3495585

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)