



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

CENTRO UNIVERSITARIO DE MÉRIDA

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN
TECNOLÓGICA**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**DISEÑO DE UN PROTECTOR CON
SISTEMA DE SEGURIDAD PARA
GUARDARRAILES**

AUTORA: ALBA CHAVES ZAPATA

Mérida, junio 2018



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

CENTRO UNIVERSITARIO DE MÉRIDA

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN
TECNOLÓGICA**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**DISEÑO DE UN PROTECTOR CON
SISTEMA DE SEGURIDAD PARA
GUARDARRAÍLES**

Autora: Alba Chaves Zapata

Fdo.:

Directora: Remedios Hernández Linares

Fdo.:

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a varias personas la ayuda que me han prestado para poder realizar este proyecto, ya que, gracias a ellas, el desarrollo de mi Trabajo Fin de Master ha sido posible.

En primer lugar, al personal de la unidad de conservación de carreteras situada en Zafra, quienes, con toda su amabilidad, se pusieron a mi disposición y me respondieron al cuestionario, proporcionándome información que me ayudó a avanzar en el diseño del protector.

Por otro lado, me gustaría dar las gracias a los distintos profesores que han colaborado con cualquier duda que me ha surgido y se han puesto a mi entera disposición.

Al profesor Enrique Abad Jarillo, quien se ha ofrecido en todo momento para cualquier duda que me surgiera y me ha aconsejado en la parte del trabajo más directamente relacionada con la física. Enrique, muchas gracias por tus consejos y tu predisposición a ayudarme siempre.

Al profesor Alonso Candelario Pérez, por su buena disposición a ayudarme cuando contacté con él para que me ayudara a resolver algunas dudas. Gracias, Alonso, por tu amabilidad y por ofrecerme tu ayuda en todo momento.

También tengo mucho que agradecer a la profesora Mara Olivares Marín, quien, sin conocerla, me ha ayudado en cualquier duda relacionada con el estudio de materiales y se ha involucrado totalmente, ofreciéndose para todo problema que me surgiera. Muchísimas gracias Mara, por ser tan buena profesora tanto a nivel profesional como moral.

Igualmente, tengo mucho que agradecer a mi directora, Remedios Hernández Linares, quien ha sido mi apoyo incondicional, tanto a nivel profesional como personal. Muchísimas gracias Remedios, por toda tu ayuda y por todo el afecto mostrado en todos estos años que ya llevamos trabajando juntas, es todo un placer tener una directora tan involucrada como tú.

En general, gracias a todos mis docentes del Centro Universitario de Mérida, por involucrarse tanto con todos los alumnos, por la cercanía y apoyo que nos transmitís, y por estar siempre dispuestos a ayudar y colaborar con todos nosotros.

Finalmente, quisiera dar las gracias a mi pareja y mi familia, por apoyarme en todo momento en esta andadura y en otras muchas más, animándome a embarcarme en cada una de ellas con el coraje suficiente para superarlas.

RESUMEN

El presente proyecto nace con el objetivo de desarrollar un dispositivo que contribuya a mejorar la seguridad que los guardarraíles ya instalados en las carreteras españolas ofrecen a motoristas y ciclistas en caso de accidente, dando así respuesta a una necesidad visible día a día en nuestras carreteras y puesta de manifiesto incluso en el Congreso de los Diputados. Para ello, se ha seguido una estrategia de investigación-desarrollo, analizando inicialmente toda la información disponible respecto a los mecanismos perimetrales de seguridad vial, para posteriormente desarrollar un producto novedoso que trate de solucionar todos los problemas que no se hayan atendido previamente. En particular, se ha diseñado una especie de protector que se adapta perfectamente a los guardarraíles actuales, con la intención de ofrecer una mayor protección a motoristas y ciclistas ante el impacto de su cuerpo contra dicho elemento en caso de accidente. En el diseño del dispositivo que se propone se ha tenido también en cuenta su coste de fabricación, para evitar que su instalación suponga un gasto importante, y que se pueda recurrir a un coste elevado como justificación para no implantarlo en las carreteras.

ABSTRACT

This project was conceived with the aim to develop a protector that improves the security that the guardrails already installed in the Spanish roads offer to motorcyclists and cyclists in case of traffic accident. Thus, the project tries to contribute to solve a growing problem, which has been even presented and discussed in the Congress of Deputies. In the light of this context, a research-development strategy has been applied as follows. First, a literature review on the perimeter security mechanisms has been carried out. Then, a product has been designed and proposed in order to overcome all the problems that had not been previously solved by the existent or patented mechanisms. In detail, our design allows its adaptation to the guardrails installed now on roads, with the aim to offer a higher protection to motorcyclists and cyclists when their bodies impact with such elements in the case of accidents. Likewise, the production costs have been also considered to avoid that politicians (institutions) may use monetary arguments to justify the decision not to install them in the road network.

ESTE PROYECTO CONTIENE LOS SIGUIENTES DOCUMENTOS

DOCUMENTO N°1, MEMORIA

CAPÍTULO 1: Introducción al proyecto	pág.14 a 46, 32 págs.
CAPÍTULO 2: Gestión del alcance y metodología	pág.47 a 45, 8 págs.
CAPÍTULO 3: Diseño, ejecución y resultados	pág.55 a 85, 30 págs.
CAPÍTULO 4: Resultados y conclusiones	pág.86 a 92, 6 págs.
Bibliografía	pág.93 a 103, 10 págs.
Anexos	pág.104 a 113, 9 págs.

DOCUMENTO N°2, PLANOS

CAPÍTULO 1: Lista de planos	pág. 115 a 117, 2 págs.
CAPÍTULO 2: Planos	pág. 118 a 123. 5 págs.

DOCUMENTO N°3, PRESUPUESTO Y FINANCIACIÓN

CAPÍTULO 1: Introducción	pág. 126 a 126, 1 págs.
CAPÍTULO 2: Cuadro de costes básicos	pág. 126 a 127, 2 págs.
CAPÍTULO 3: Cuadro de mediciones	pág. 128 a 128, 1 págs.
CAPÍTULO 4. Presupuesto final	pág. 128 a 130, 2 págs.



DOCUMENTO N°1, MEMORIA

DOCUMENTO N°1, MEMORIA

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN AL PROYECTO.....	14
1.1. Justificación	15
1.2. Objetivos.....	19
1.3. Antecedentes	19
1.3.1. Sistemas de protección más comunes	20
1.3.2. Invenciones.....	27
1.3.4. Resultados.....	43
1.4. Requisitos del diseño.....	45
CAPÍTULO 2: GESTIÓN DEL ALCANCE Y METODOLOGÍA	47
2.1. Alcance del proyecto	48
2.2. Metodología.....	50
2.3. Estructura de desglose de trabajo	53
CAPÍTULO 3: DISEÑO, EJECUCIÓN Y RESULTADOS	55
3.1. Bocetaje	56
3.2. Diseño final y desarrollo del producto	63
3.2.1. Materiales y procesos de fabricación.....	67
3.2.2. Elementos auxiliares.....	79
3.2.3. Diseño final	82
3.2.4. Dispositivo de seguridad.....	84

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	86
BIBLIOGRAFÍA	93
ANEXOS	105
ANEXO I: TITULARES DE PRENSA.....	107
ANEXO II: CUESTIONARIO.....	109
ANEXO III: ESTUDIO DE SOSTENIBILIDAD	110
ANEXO IV: ABREVIATURAS	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Índice de riesgo distribuido por kilómetros y número de tramos.....	17
Tabla 2: Índice de riesgo en las carreteras españolas.....	18
Tabla 3: Porcentaje de accidentalidad de motocicletas.....	18
Tabla 4: Composición y gestión de la red de carreteras del Estado.....	20
Tabla 5: Problemas resueltos por los dispositivos o patentes existentes.....	44
Tabla 6: Estructura de desglose del trabajo.	49
Tabla 7: Ventajas e inconvenientes de los bocetos desarrollados.....	50
Tabla 8: Comparación de las ideas iniciales.....	59
Tabla 9: Resultados de la segunda fase.....	72
Tabla 10: Matriz con ranking de materiales que mejor cumplen los requisitos.....	76
Tabla 11: Matriz DAFO del protector diseñado.....	90
Tabla A3.1: Cuadro comparativo de características del protector.....	107
Tabla 3.2.1: Cuadro de costes básicos.....	123
Tabla 3.3.1: Cuadro de mediciones.....	124
Tabla 3.4.1: Costes fijos y variables totales.....	125
Tabla 3.4.2: Coste marginal en lotes de fabricación.....	125
Tabla 3.4.3: Precios unitarios según los lotes de fabricación.....	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Red de carreteras españolas.	20
Fig. 2: Guardarraíl simple.....	21
Fig. 3: Guardarraíl doble.....	22
Fig.4: Guardarraíl doble bionda superior.	23
Fig. 5: Sistema SPM.	24
Fig. 6: Protección de los postes en H.	25
Fig. 7: Guardarraíl Segurvital.	25
Fig. 8: Sistema SPM-Basic.	25
Fig. 9: Roller System.	26
Fig. 10: Protector para postes.	28
Fig. 11: Dispositivo protector perfiles.	29
Fig. 12: Protector de impacto en postes.	30
Fig. 13: Protector para guardarraíles.	31
Fig. 14: Sistema de amortiguación de impacto sobre postes.....	32
Fig. 15: Dispositivo de protección para los postes de los guardarraíles.....	33
Fig. 16: Sistema Dáragon.	34
Fig. 17: Barrera protectora para guardarraíl.	34
Fig. 18: Dispositivo protector para guardarraíles.	35
Fig. 19: Protección guardarraíl para motoristas.	36
Fig. 20: Sistema de protección del guardarraíl con tela de hormigón.	37
Fig. 21: Protección guardarraíl.	38
Fig. 22: Protector amortiguado.	38
Fig. 23: Sistema de protección de impactos de vehículos con bionda.	39

Fig. 24: Revestimiento para postes y bandas.	40
Fig. 25: Sistema protector para guardarraíles.	41
Fig. 26: Protección elástica amortiguadora.	42
Fig. 27: Dispositivo de protección para guardarraíles.	42
Fig. 28: Sistema de protección contra impactos de vehículos.	43
Fig. 29: Boceto 1.....	56
Fig. 30: Boceto 2.....	57
Fig. 31: Boceto 3.....	59
Fig. 32: Boceto 4.....	60
Fig. 33: Boceto 5.....	61
Fig. 34: Boceto 6.....	63
Fig. 35: Vista en perfil del protector.	63
Fig. 36: Vista en perspectiva del protector.	64
Fig.37: Ensamblaje en perfil del protector y el guardarraíl.	65
Fig. 38: Ensamblaje en perspectiva del protector y el guardarraíl.	66
Fig. 39: Relación del límite elástico con el módulo de Young.	70
Fig. 40: Materiales que presentan una resiliencia intermedia.	71
Fig. 41: Comparación del precio frente a la tenacidad a la fractura.	74
Fig. 42: Noticia de “El Confidencial Digital”.	75
Fig. 43: Bolardo de polietileno.	77
Fig. 44: Esquema del proceso de moldeo por extrusión.	79
Fig. 45: Terminación guardarraíl simple (N-360, a la altura de Monesterio).....	79
Fig. 46: Chapa de terminación del guardarraíl.	80

Fig. 47: Protector auxiliar.	80
Fig. 48: Protector guardarraíl con auxiliar.	80
Fig. 49: Reflectante guardarraíl.	81
Fig. 50: Vinilo reflectante.	81
Fig. 51: Vinilo reflectante incorporado a nuestro protector.	82
Fig. 52: Aspecto final del protector diseñado.	83
Fig. 53: Protector colocado en el entorno.	83
Fig. A1.1: Titular del Diario Información.	103
Fig. A1.2: Titular Europa press.	103
Fig. A1.3: Titular de la Sexta Noticias.....	103
Fig. A1.4: Titular de Noticias Antena 3.	104
Fig. A1.5: Titular de Canarias en moto.	104
Fig. A3.1: Impacto ambiental del protector fabricado en PE.	112
Fig. 3.4.1: Volumen óptimo de fabricación.....	130



CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

1.1. Justificación

La Comisión de Seguridad Vial y Movilidad Sostenible del Congreso de los Diputados de España se reunió el día 26 de abril de 2016 para debatir sobre diferentes temas de seguridad vial, entre ellos, la proposición no de ley sobre el estudio integral, sustitución, reforma y actualización de los sistemas viales de contención (quitamiedos, guardarraíles, biondas y señales verticales), presentada por el Grupo Parlamentario de Ciudadanos.

En dicha sesión del Congreso, Diego Clemente Giménez, diputado de Ciudadanos en el Congreso y defensor de esta iniciativa, expuso que, a final de 2015, aproximadamente el 80% de los sistemas de contención estatales no disponían de Sistemas de Protección para Motoristas (SPM), siendo este porcentaje aún mayor en el caso de las vías de ámbito autonómico y provincial, que son precisamente aquellas en las que más accidentes y siniestros se producen. Clemente también afirmó que, por kilómetro recorrido, la probabilidad de morir en carretera para un motorista es 18 veces superior que para alguien que circula en automóvil. Durante los tres primeros meses de 2016 se produjeron 275 siniestros de motocicletas, en los que fallecieron 78 personas y 79 resultaron heridas. Desde 1970 las muertes por impacto contra guardarraíles han superado las 6000 y más de 5000 personas han sufrido amputaciones. Por ello se ha intentado buscar una solución para esta situación, sin embargo, no se ha conseguido afrontar dicho problema de forma satisfactoria hasta el momento.

Clemente aseguró que los accidentes de moto tienen consecuencias fatales puesto que las personas que van montadas salen despedidas debido a la fuerza centrífuga. En la mayoría de los casos, si el cuerpo se desliza por el asfalto, las consecuencias son menores; mientras que cuando intervienen barreras de protección, como quitamiedos o señales verticales sin protección, el cuerpo de estas personas choca contra éstas, y aunque lleve protección, el impacto es violento y a menudo hace que el perfil actúe como una guillotina o cuchilla contra el cuerpo. Las zonas más afectadas suelen ser las extremidades (brazos, manos, piernas y cabeza), con traumatismos de diferentes rangos, desde rotura de huesos hasta amputación de extremidades, pero los choques también pueden conllevar la invalidez total o parcial, la parálisis cerebral o incluso la muerte.

El hecho de que los sistemas de contención sean responsables de más del 15% de las muertes por accidentes en moto, ha llevado a la Comisión de Transportes y Turismos del Parlamento Europeo a incluir en su *Informe sobre la seguridad vial europea 2011-*

2020 (2010/2235(INI))¹ el cambio de barreras protectoras en las carreteras, de manera que los actuales guardarraíles sean sustituidos por otros sistemas menos lesivos al impacto. Por ello, el mismo día 26 de abril, el Congreso de los Diputados sometió a votación una enmienda transaccional² que recoge lo siguiente:

“El Congreso de los Diputados insta al Gobierno a:

1. Realizar un estudio integral de toda su red de carreteras, pero no solo de las estatales, sino también de la red de carreteras autonómicas y provinciales, en colaboración con las administraciones públicas implicadas, para la identificación de puntos negros o conflictivos.
2. Que se sustituya definitivamente, de manera gradual mediante dotación presupuestaria plurianual, no más allá del año 2020, el sistema actual de guardarraíles por tres SPM: SPM-Basic, Hiasa SPM-4 y de doble bionda³, según el estudio integral llevado a cabo en todas las carreteras españolas.
3. Que en los proyectos que se redacten para las actuaciones en la red de carretera estatales, se incluyan medidas tendentes a minimizar las consecuencias de los accidentes de motoristas y ciclistas, tales como la inclusión obligatoria de los llamados SPM, de acuerdo con la normativa y las directrices tanto estatales como de la Unión Europea.
4. Realizar un estudio integral sobre la ubicación de los actuales guardarraíles convencionales en toda la red estatal de carreteras, a fin de que, en su caso, se revisen los criterios seguidos para su colocación y se proceda, en los casos en los que se estime oportuno, a la eliminación de aquellos que se consideren innecesarios por constituir más que un elemento de protección, un riesgo para la seguridad vial, especialmente para los motoristas.”

Dicha enmienda fue aprobada por mayoría simple por el Congreso de los Diputados. Desde entonces, se volvió a presentar dicha proposición no de ley en el Congreso por el grupo parlamentario de Ciudadanos, el 29 de noviembre de 2016, en la que se abordó,

¹ Para más información:

<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=//EP//TEXT+REPORT+A7-2011-0264+0+DOC+XML+V0//ES>

² Propuesta de cambio del contenido de algún artículo o apartado de una ley que surge a partir de otras enmiendas presentadas. Si es aceptada, se anulan las enmiendas originales y se vota exclusivamente la enmienda transaccional.

³ Denominación de las barreras metálicas de doble onda que se sitúan en la parte superior del guardarraíl.

una vez más, la importancia de hacer frente a dicho problema, resultando aprobada por segunda vez.

Finalmente, el Congreso de los Diputados en sesión celebrada el día 30 de marzo de 2017, volvió a aprobar dicha enmienda por unanimidad, gracias al voto de los 311 diputados presentes en el hemiciclo a la hora de la votación (Anexo I).

A la proposición no de ley aprobada en el Congreso hay que sumarle el informe del Real Automóvil Club de España (RACE), obtenido a través de datos del *European Road Assesment Programme*⁴ (EuroRAP), que anualmente publica datos sobre el estado de las carreteras en relación con la accidentabilidad. El informe RACE – EuroRAP de 2017 (1) analiza los datos de accidentalidad correspondientes al período 2014 a 2016, pero también presenta los datos de accidentes en las vías españolas desde el año 1999, estudiando la evolución de los tramos más peligrosos.

Dentro de este informe (1) y según se observa en la página de RACE (2), de los 165.483 kilómetros que conforman la red de carreteras españolas (3), se han analizado 24.899 kilómetros. Este análisis detecta un incremento del 10% en el número de kilómetros de carreteras de mayor riesgo, pasando de 3.264 kilómetros de mayor riesgo, según el informe del año anterior, a 3.595 kilómetros en el presente informe. Así, como se observa en la tabla 1, algo más del 4% de los tramos son considerados de riesgo alto y en torno al 10% son considerados de riesgo medio-alto; mientras que el 86% restante presenta un nivel de riesgo medio, bajo-medio o bajo. De los 75 tramos de riesgo elevado, 71 corresponden a tramos de carretera de calzada única (ver Tabla 2):

Tabla 1: Índice de riesgo distribuido por kilómetros y número de tramos.

Índice de Riesgo	Nº tramos	Kilómetros	%
Bajo	528	8.756,4	35,17%
Bajo-medio	471	9.185,2	36,89%
Medio	186	3.362,5	13,50%
Medio-alto	129	2.494,1	10,02%
Alto	75	1.100,7	4,42%
TOTAL	1.389	24.898,9	100,00%

Fuente: RACE, 2017

⁴ EuroRAP es un consorcio formado por la Comisión Europea, los clubes automovilísticos representados en la FIA Foundation, Toyota, AA Motoring Trust y la Asociación de Constructores Europeos de Automóviles (ACEA).

Tabla 2: Índice de riesgo en las carreteras españolas.

Índice de Riesgo	Calzada única		Doble calzada	
	Nº tramos	%	Nº tramos	%
Bajo	232	27,36%	296	54,71%
Bajo-medio	252	29,72%	219	40,48%
Medio	168	19,81%	18	3,33%
Medio-alto	125	14,74%	4	0,74%
Alto	71	8,37%	4	0,74%
TOTAL	848	100%	541	100%

Fuente: RACE, 2017

El perfil de los tramos con un nivel de riesgo alto se corresponde, generalmente, con una carretera convencional de calzada única, con intersecciones al mismo nivel y una intensidad media inferior a 10.000 vehículos/día; donde los accidentes principalmente son causados por salidas de vía (1).

El informe RACE-EuroRAP de 2017 (1) que ha considerado la accidentalidad de motocicletas y ciclomotores de una forma particular, informa que en el periodo 2014-2016 se han producido un total de 718 accidentes mortales y graves de motocicletas y ciclomotores, que representan el 17,53% de los accidentes totales (ver tabla 3).

Tabla 3: Porcentaje de accidentalidad de motocicletas.

	ACCIDENTES TOTAL VEHÍCULOS	ACCIDENTES CICLOS Y MOTOS	RELACIÓN CICLOS Y MOTOS/TOTAL
2014	1.384	117	8,45%
2015	1.303	295	22,64%
2016	1.409	306	21,72%
Total	4.096	718	17,53%

Fuente. RACE 2017

Además, durante los últimos años, el porcentaje de accidentalidad de motocicletas está aumentando (4). De hecho, desde 2003 al 2017 el número de motoristas implicados en accidentes casi se ha triplicado, y en la actualidad uno de cada cinco accidentes de tráfico (21,7%) con consecuencias mortales y graves está protagonizado por un motorista, frente al 7,8% que representaban en 2003.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, este proyecto se centrará en estudiar la forma de contribuir a que las barreras de seguridad implantadas actualmente ofrezcan mayor seguridad, intentando ofrecer una solución que pueda satisfacer los requerimientos de la enmienda transaccional.

1.2. Objetivos

Tanto la gran cantidad de siniestros en los que se ven implicados motoristas, como la peligrosidad que suponen los actuales guardarraíles en caso de accidente, ponen de manifiesto la necesidad de mejorar estos sistemas de protección para motoristas y ciclistas. Por ello, el objetivo principal del presente proyecto consiste en diseñar un producto que permita mejorar los actuales sistemas de seguridad perimetrales en carretera y, en consecuencia, disminuir el riesgo ante los accidentes de motoristas. Para alcanzar este objetivo general, será necesario satisfacer los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar y analizar los diferentes parámetros que puedan influir o determinar las consecuencias de los accidentes de ciclomotores, motocicletas y bicicletas para identificar los parámetros que se deben mejorar en el diseño del nuevo sistema de seguridad.
- Estudiar diversos materiales y formas que nos ayuden a proponer diferentes alternativas de posibles innovaciones tecnológicas para mejorar los sistemas de protección para motoristas. Teniendo en cuenta que el impacto contra los SPM puede conllevar graves lesiones a los usuarios, el material con el que se fabrique dicho sistema resulta de vital importancia para el diseño de cualquier nuevo sistema de contención.
- Generar y comparar diferentes alternativas de diseño que permitan aumentar la seguridad de motoristas y ciclistas teniendo en cuenta los parámetros analizados previamente.
- Analizar los costes de fabricación e implantación de las alternativas propuestas para poder ofrecer una solución que ni las administraciones públicas ni las empresas privadas con competencias en la red de carreteras españolas puedan rechazar por razones económicas.

1.3. Antecedentes

La Red de carreteras de España (ver Figura 1) está integrada por las carreteras que se sitúan en todo el territorio español y éstas pueden ser estatales, autonómicas o locales. A fecha de 31 de diciembre de 2016, esta red se componía de 165.483 kilómetros, según datos del Ministerio de Fomento del Gobierno de España (3). La gestión de estos 165.483 kilómetros corresponde tanto a la Administración Central, como a las Comunidades Autónomas, las Diputaciones y los Ayuntamientos (ver tabla 4).

Tabla 4: Composición y gestión de la red de carreteras del Estado.

<i>Entidad</i>	Kilómetros	Porcentaje del tráfico total
<i>Administración Central</i>	26.395	51,7
<i>Comunidades Autónomas</i>	71.291	42,7
<i>Diputaciones</i>	67.797	5,5

Fuente: Elaboración propia (datos del Ministerio de Fomento, a 31.12.2016).

Fig. 1: Red de carreteras españolas.



Fuente: Cob, 2018 (5).

El principal dispositivo de seguridad del que se dispone en esta red de carreteras son los sistemas de protección perimetrales. Estos sistemas consisten en barreras con estructura metálica situadas en determinados lugares para la protección del perímetro de la carretera. Su principal función es evitar que en caso de accidente el vehículo salga de la calzada y puedan producirse consecuencias mayores.

1.3.1. Sistemas de protección más comunes

A continuación enumeramos y describimos las principales características de los sistemas de protección más comunes en la red de carreteras españolas según diversas fuentes como Hiasa (6) (empresa siderúrgica que tiene entre sus principales objetivos

la seguridad vial), la asociación de motoristas para la promoción de la mutualidad general del motociclista (MCM) (7), la oficina española de patentes y marcas (OEPM) (8, 9), y otras publicaciones en blogs, webs y prensa (10–14).

- **Guardarraíl simple:** Este sistema consta de dos partes, la superior, que consiste en una franja longitudinal de acero galvanizado; y la inferior, que se encuentra fijada al suelo y es un perfil o póster fabricado en acero, cuya función es sostener las franjas longitudinales y soportar el impacto del vehículo (ver figura 2). Existen diversos modelos de este tipo de guardarraíl con diferentes formas de la estructura del poste, aunque el más común es el perfil en forma de H (6).

Fig. 2: Guardarraíl simple.



Fuente: Aróstegui, 2016 (15).

Este sistema de protección fue pensado para vehículos a motor con cuatro o más ruedas, siendo eficaz tanto para soportar el impacto directo o indirecto a unas velocidades determinadas (por ejemplo, a 64 km/h, que es la velocidad mayor a la que se realizan la mayoría de las pruebas de choque, según el Programa Europeo de Evaluación de Automóviles Nuevos-EuroNCAP) (16–18). Su objetivo es evitar que el vehículo salga de la calzada y el siniestro tenga mayores consecuencias. Sin embargo, para los motoristas y ciclistas, el guardarraíl simple supone un riesgo añadido en caso de accidente porque, en la mayoría de los accidentes de vehículos de dos ruedas, el conductor y/o su acompañante salen despedidos del vehículo por la fuerza de la inercia y la fuerza centrífuga; provocando, principalmente, alguna de las dos situaciones siguientes (19–21):

- Impacto contra el poste del guardarraíl o contra un obstáculo de la calzada: en este caso los bordes cortantes actúan como si fueran una guillotina o cuchilla contra el cuerpo, y las zonas más afectadas suelen ser las extremidades del cuerpo.
- Traspaso del guardarraíl entre dos postes y caída por el desnivel: cuando el piloto o acompañante sale despedido de la moto puede pasar por debajo del guardarraíl y caer por un desnivel.

Análisis previos (20, 22–25) de estas dos situaciones han puesto de manifiesto la necesidad de abordar una mejora en los guardarraíles, enfocada, por un lado, hacia la forma o material de éstos y, por otro, a suprimir o reducir el espacio inferior que existe entre la parte superior del guardarraíl y la carretera para que un cuerpo no pueda pasar por dicho espacio. Para tratar de abordar estas mejoras, se han tomado las siguientes precauciones hasta el momento:

- **Guardarraíl doble:** Es igual que el simple, pero añade otra franja longitudinal en la parte inferior para que no quede un hueco por el que pueda pasar un cuerpo (6, 7). Sin embargo, en nuestra opinión, esta bionda adicional no soluciona las consecuencias que tendría el impacto del cuerpo de un motorista contra este elemento puesto que sigue presentando bordes cortantes (figura 3).

Fig. 3: Guardarraíl doble.



Fuente: Mutua General del Motociclista (7).

También existe otro tipo de guardarraíl, al que denominaremos guardarraíl de doble bionda superior, que son guardarraíles a los que se adapta una bionda en la parte superior mediante la colocación de un poste de mayor altura (6, 7, 26). Esta bionda es instalada en las zonas más peligrosas o en zonas de gran altura con el objetivo de reducir la sensación de peligro y proporcionar una mayor sujeción en caso de accidente (figura 4).

Fig.4: Guardarraíl doble bionda superior.



Fuente: Sancho, 2017 (27).

- **Sistemas de Protección para Motoristas (SPM):** Existen diversos modelos en función del tipo de guardarraíl simple sobre el que vaya a instalarse. En este caso, en lugar de la franja longitudinal, se incorpora una pantalla metálica continua de perfil plano-trapezoidal, situada en el hueco inferior y sujeta a la franja superior por medio de un brazo situado en cada poste (figura 4). Este sistema garantiza la protección de los motociclistas que impactan contra dicha barrera, de tal forma que se evita el impacto contra el poste y el deslizamiento del cuerpo a través del hueco, igual que el guardarraíl doble (28). Sin embargo, presenta el inconveniente de que todo el conjunto sigue siendo metálico y, pensamos que el impacto de un cuerpo contra el guardarraíl puede causar grandes daños; además, la parte superior sigue sin estar protegida puesto que tiene bordes cortantes.

Fig. 5: Sistema SPM.



Fuente: Hiasa (29).

- **Protección de los postes de acero en H.** Este sistema consiste en recubrir los postes de acero H con materiales absorbentes, como poliespán o poliuretano, para evitar o disminuir las consecuencias de un posible impacto de cuerpo del motorista con las aristas cortantes del perfil (7). Sin embargo, la mayoría de los guardarraíles que contienen este sistema tienen la parte inferior libre, por lo que el otro peligro (hueco inferior) quedaría sin subsanar. Además, la parte superior sigue sin estar protegida y podría ocasionar grandes lesiones.

Fig. 6: Protección de los postes en H.



Fuente: Mutua General del Motociclista (7).

- **Guardarraíl Segurvital:** Este sistema, que ha sido expresamente diseñado para proteger a los ciclistas y motoristas, está compuesto en su parte inferior por unos rodillos giratorios forrados de caucho (de neumáticos reciclados) con el objetivo de disminuir el impacto de un cuerpo contra dicho elemento (30–32). Sin embargo, sigue presentando inconvenientes, puesto que sigue teniendo partes metálicas con bordes cortantes, tanto en la parte inferior como en la bionda.

Fig. 7: Guardarraíl Segurvital.



Fuente: Valdivielso, 2017 (14).

- **Sistema SPM-Basic:** Este sistema pretende minimizar los efectos de los impactos contra parte del guardarraíl y bloquear el paso por el hueco inferior (figura 8). Para conseguir estos objetivos, el sistema SPM-Basic emplea una malla o tejido elástico, compuesta por hilos trenzados que proporcionan una alta resistencia al impacto, absorbiendo una gran parte de la energía y reduciendo, así, la fuerza del golpe (33). Sin embargo, la parte superior sigue sin estar protegida.

Fig. 8: Sistema SPM-Basic.



Fuente: Blog de guardarraíles, 2005 (10).

Hasta ahora hemos presentado y explicado los sistemas que ya están implantados en las carreteras españolas en general, o bien aquellos que se han implantado, al menos, en alguno de los tramos de la red de carreteras. Sin embargo, hemos considerado oportuno concluir este apartado mencionando un nuevo prototipo de guardarraíl desarrollado en Corea debido a la repercusión que el mismo está teniendo en los medios de comunicación (11, 34).

Este sistema, denominado “Roller System” (figura 9), pretende convertir la energía de choque en energía rotatoria, para lo cual está compuesto por pequeños barriles giratorios de etilvinilacetato (goma EVA), material que permite absorber impactos deformándose levemente sin llegar a romperse. El Roller System incluye además tanto soportes de amortiguación para absorber un segundo choque, como estructuras en forma de D para soportar mayores golpes. A pesar de todas estas ventajas y de no necesitar sujeciones verticales, que suelen ser las principales culpables de amputaciones de miembros en motoristas, este sistema no está diseñado especialmente para proteger a los motoristas o ciclistas, sino que está prioritariamente pensado para accidentes de vehículos de cuatro o más ruedas. Por ello, tanto los materiales como las formas pueden acarrear grandes daños en el caso de que un cuerpo impacte contra dicho sistema (35).

Fig. 9: Roller System.



Fuente: González, 2016 (35).

Una vez analizados todos estos sistemas, en la siguiente sección explicamos algunas de las invenciones patentadas que también tratan de solucionar los principales problemas de los guardarraíles.

1.3.2. Invenciones

En diciembre 2017 llevamos a cabo una primera búsqueda en la página web oficial de la OEPM (9), encontrando alrededor de 80 invenciones que trataban de solucionar los problemas principales de los guardarraíles simples (9). Sin embargo, y con la intención de ofrecer un estado de la cuestión tan actualizado como fuera posible, dicha búsqueda se repitió en mayo de 2018. Dado que muchas de estas invenciones son muy similares, a continuación, solo explicaremos las catorce invenciones que hemos considerado más significativas y que hemos agrupado en cuatro grupos en función de la solución que aportan. En el primer grupo se recogen las invenciones que tratan de dar protección al poste del guardarraíl, en el segundo las que tratan de proteger el hueco inferior, en el tercer grupo recogemos las protecciones para las biondas, y en el cuarto grupo se recogen las invenciones que tratan de proteger el guardarraíl completo.

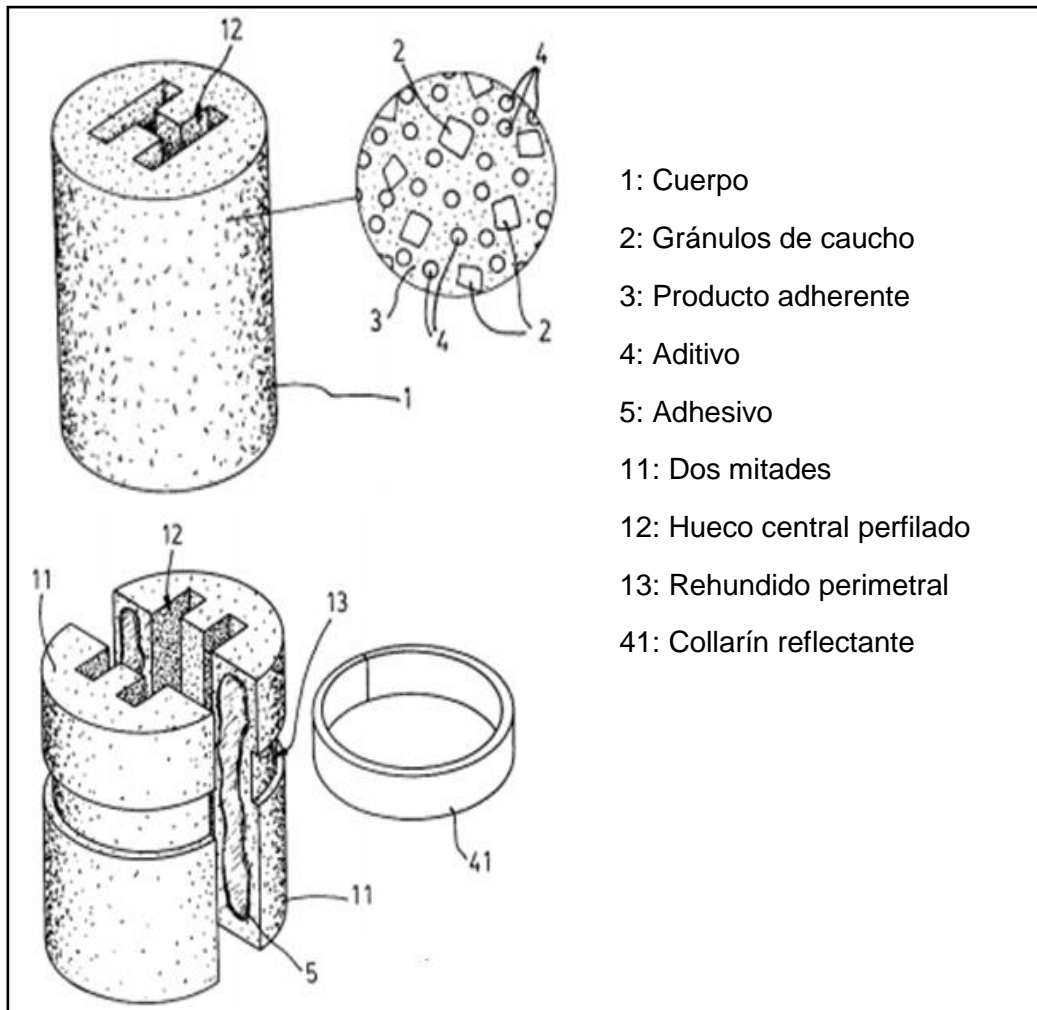
1.3.2.1. Protección del poste del guardarraíl

Las primeras invenciones que encontramos tratan sobre protección del perfil en H.

1.3.2.1.1. Protector para postes

El protector para postes tiene forma tubular y está compuesto por un único cuerpo constituido por gránulos de caucho pegados con un producto adherente que posee un hueco central perfilado con la forma del poste (figura 10). Este tipo de protector se presenta en dos versiones, la primera constituida por un único cuerpo tubular, mientras que, en la segunda, dicho cuerpo tubular aparece dividido en dos mitades que se unen sobre el poste mediante un adhesivo, de tal forma que el poste quede totalmente cubierto. Además, se puede añadir, opcionalmente, un producto reflectante en forma de gránulos, de collarín exterior situado en un rehundido perimetral, o en forma de aditivo.

Fig. 10: Protector para postes.

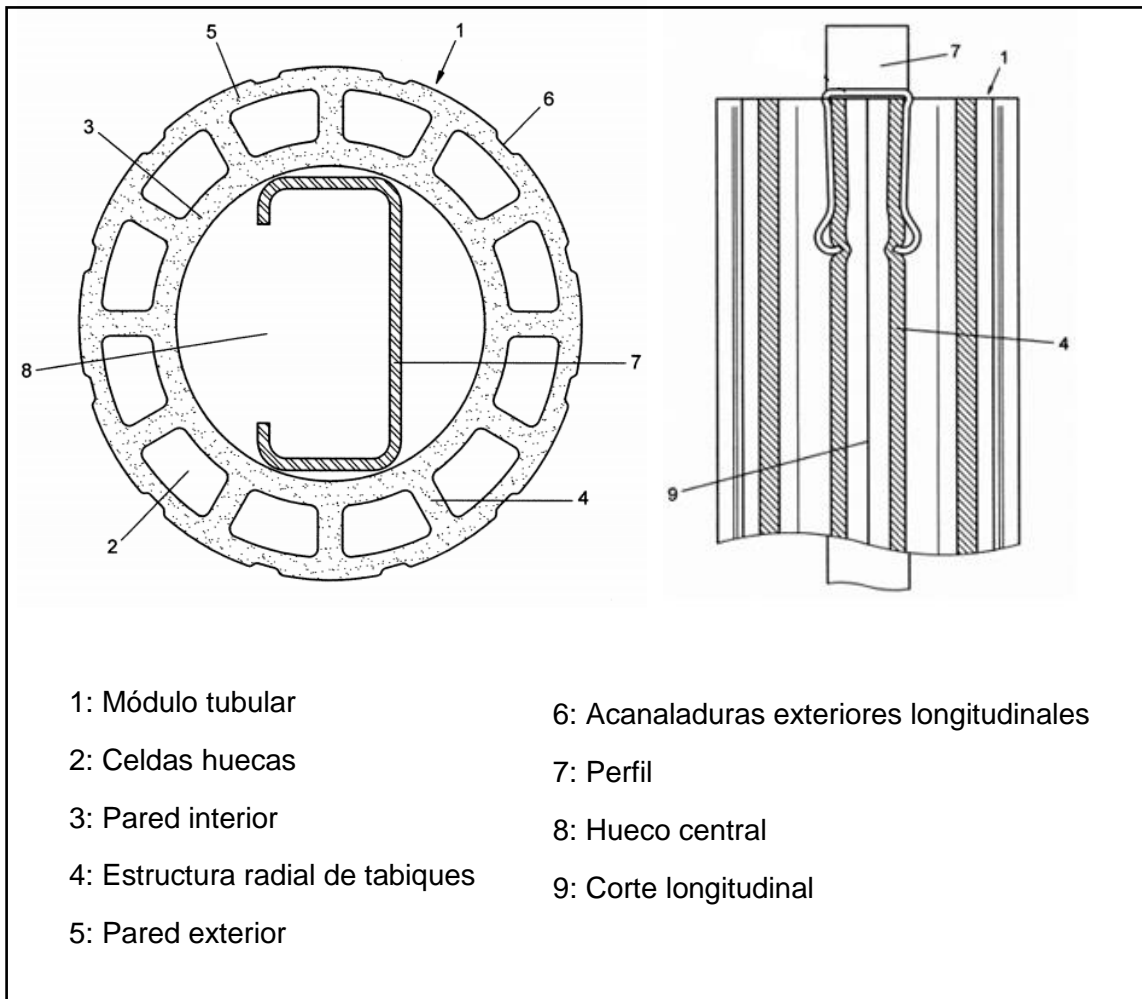


Fuente: Giménez y Giménez, 2004 - OEPM (36).

1.3.2.1.2. Dispositivo protector de perfiles

El dispositivo protector de perfiles (figura 11) está constituido por un módulo tubular conformado en material elástico (caucho reciclado), el cual dispone de un hueco central donde se situará el perfil. Presenta una estructura radial de tabiques y celdas huecas entre la pared interior y la pared exterior, de manera que dicha estructura proporciona una amortiguación adicional a la que presenta el propio material. Además, este dispositivo cuenta con unas acanaladuras exteriores longitudinales que coinciden con la parte central de las celdas, lo cual permite reducir el espesor de la pared exterior para favorecer la deformación y el consiguiente amortiguamiento en caso de impacto. Este dispositivo contiene un corte longitudinal que coincide con el eje de simetría de una de las celdas, cuya función es facilitar la instalación en guardarraíles ya montados.

Fig. 11: Dispositivo protector perfiles.

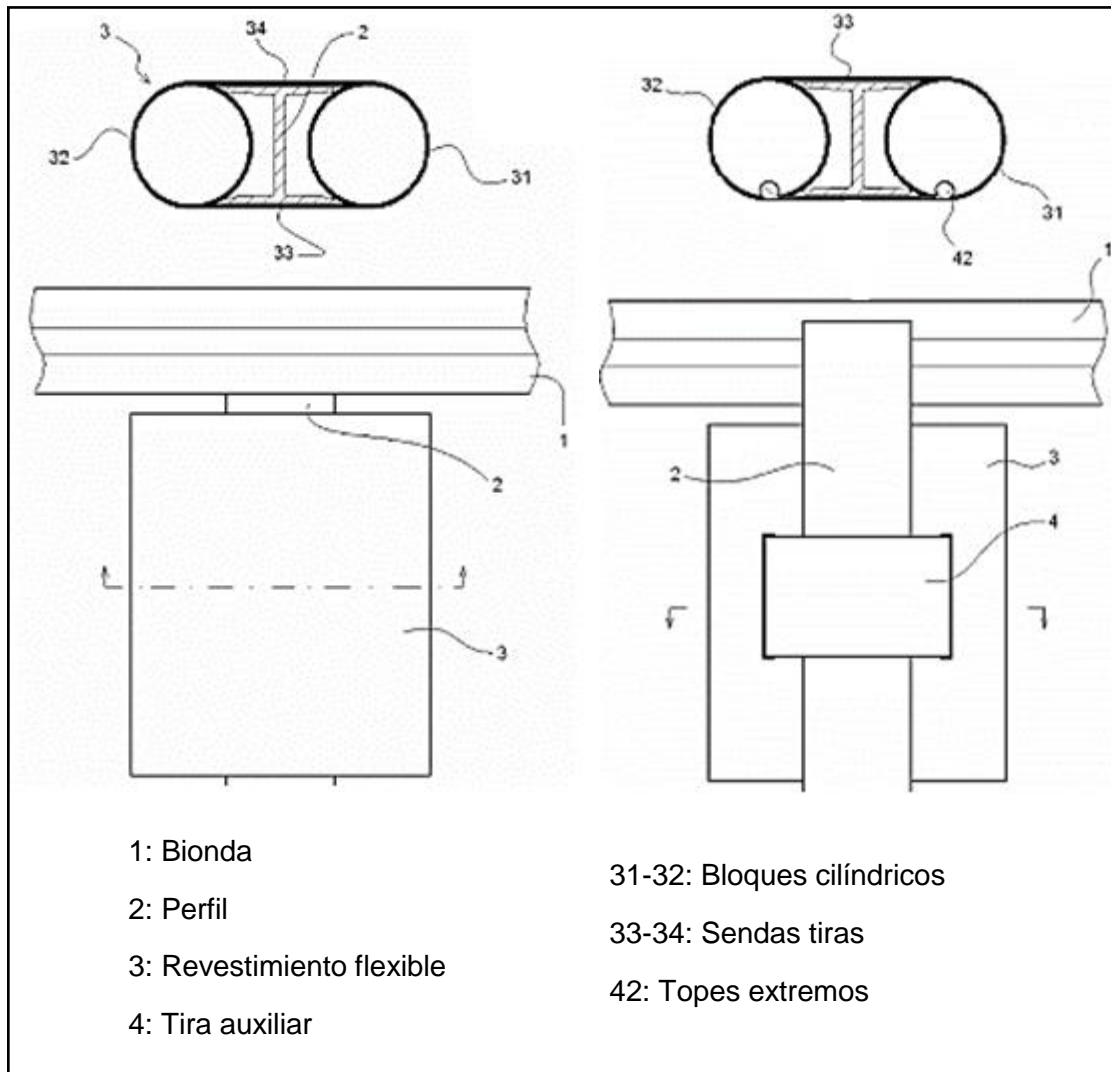


Fuente: López, 2007 - OEPM (37)

1.3.2.1.3. Protector de impacto en postes

El protector de impacto en postes comprende una barrera en forma de bionda curvada para ofrecer un frente sin aristas cortantes (figura 12). Dicha barrera, que está fijada a los postes para reducir el efecto de choque, está formada por un revestimiento flexible en la parte frontal que cubre la zona situada entre la bionda y el suelo. Éste, a su vez, está formado por dos bloques cilíndricos situados en los laterales del poste, unidos por sendas tiras, dejando cierta holgura que permitirá girar al dispositivo, reduciendo el impacto. Los bloques cilíndricos están unidos por una tira frontal, pero posteriormente presentan unas ventanas en las que se adapta una tira auxiliar, prevista de topes extremos, permitiendo cerrar el dispositivo por detrás, después de colocarlo en guardarrailes que ya estén implantados.

Fig. 12: Protector de impacto en postes.

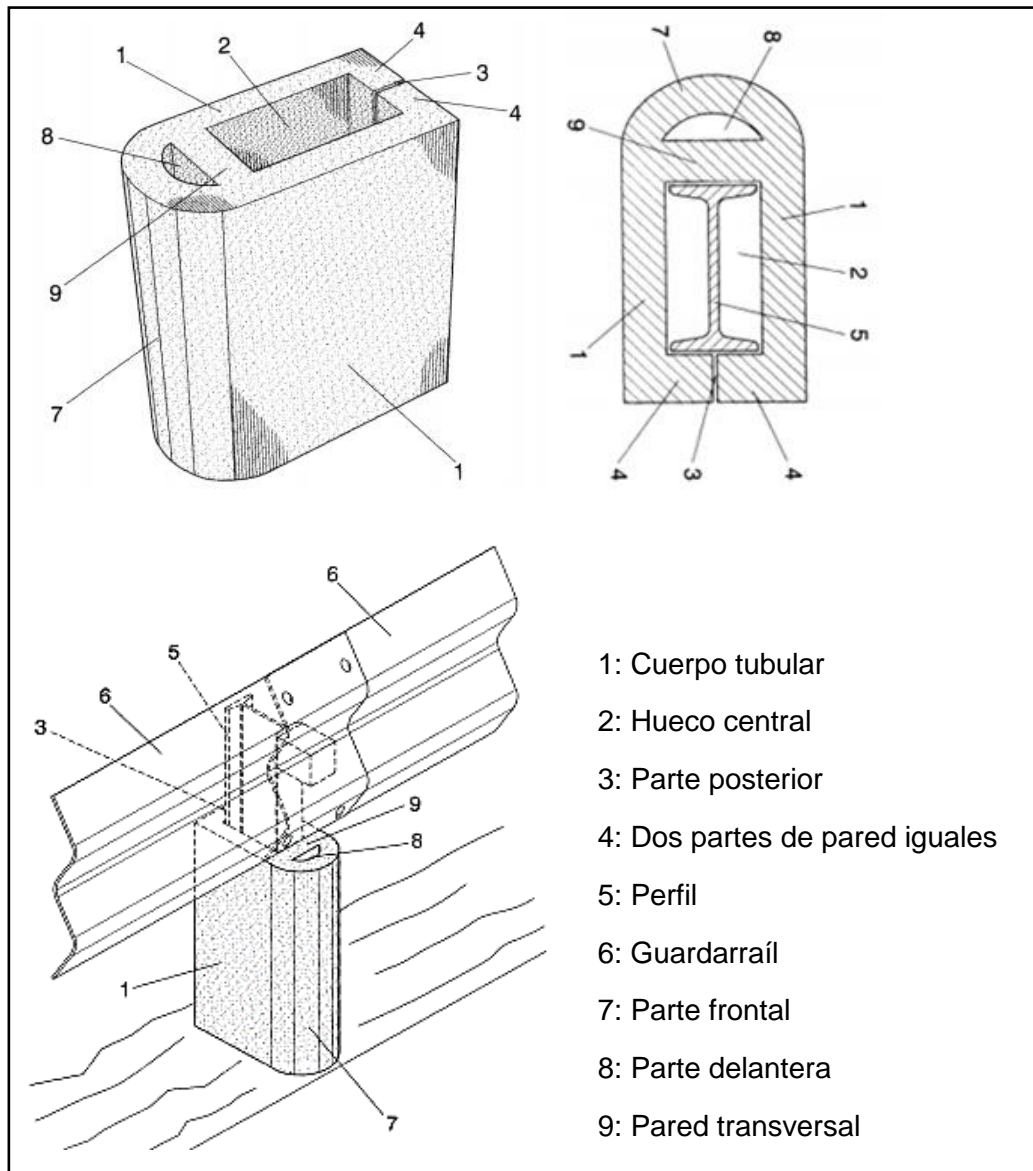


Fuente: Caro, 2012 - OEPM (38).

1.3.2.1.4. Protector para guardarrailes

El protector para guardarrailes (figura 13) está constituido por un cuerpo tubular en material elástico (caucho o similar), de pared gruesa, redondeado por la parte frontal y abierto por la parte posterior para permitir el acoplamiento sobre el poste, separando el protector en dos partes de pared iguales y enfrentadas entre sí. Este protector se caracteriza porque incorpora una zona de amortiguación adicional a la que proporciona el propio material. Esta amortiguación adicional consiste en un hueco situado en la parte delantera, paralelo al hueco central y separado de éste mediante una pared transversal.

Fig. 13: Protector para guardarrailes.

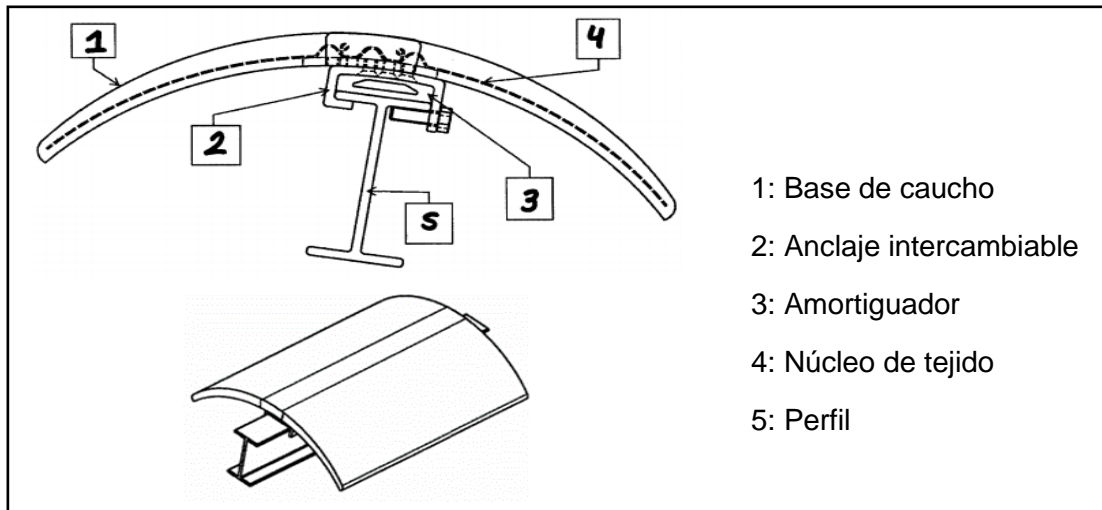


Fuente: Fonseca, 2004 - OEPM (39).

1.3.2.1.5. Sistema de amortiguación de impacto sobre postes

La estructura básica de este sistema (figura 14) consta de un núcleo de tejido recubierto por un material conglomerado a base de caucho, de manera que juntos, estos dos elementos forman una pantalla curva y flexible. Dicha pantalla está provista de un anclaje intercambiable y adaptable a cualquier tipo de poste. El sistema de amortiguación de impacto sobre postes tiene un segundo amortiguador entre el anclaje y el poste que permite amortiguar el impacto.

Fig. 14: Sistema de amortiguación de impacto sobre postes.

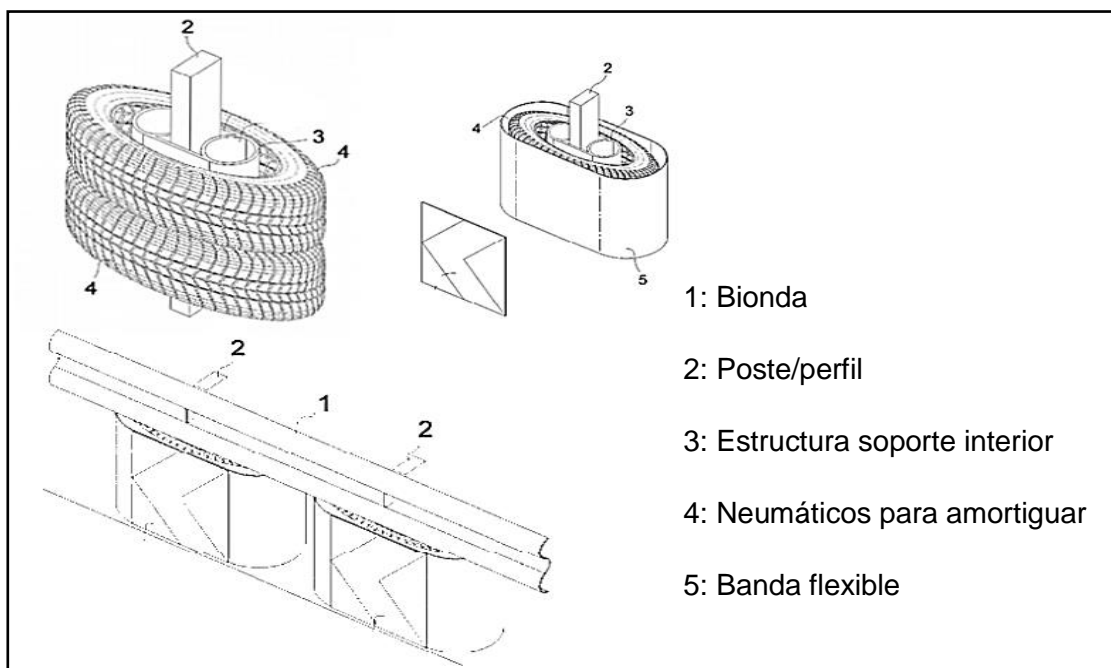


Fuente: Fernández, 2011 - OEPM (40).

1.3.2.1.6. Dispositivo de protección para los postes de los guardarrailes

El dispositivo que se muestra en la figura 15 se fija en los postes anclados al terreno, de forma que cubra la zona del poste comprendida entre la bionda y el suelo. Se trata de un revestimiento flexible formado por tres elementos: una estructura soporte interior que puede girar hasta 45 grados, un revestimiento flexible fabricado con ruedas de coche y una banda flexible exterior.

Fig. 15: Dispositivo de protección para los postes de los guardarrailes.



Fuente: Caro, 2015 - OEPM (41).

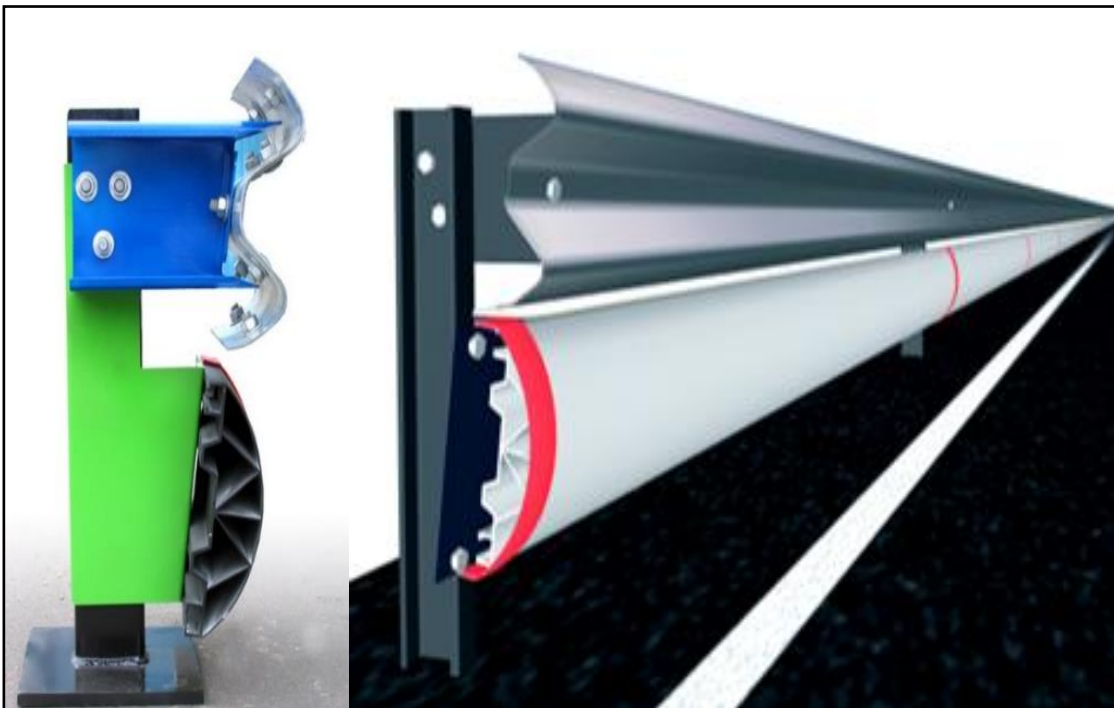
A continuación, veremos las invenciones que tratan de dar solución a otro problema que presenta el guardarraíl simple, como es el hueco inferior.

1.3.2.2. Protección del hueco inferior del guardarraíl

1.3.2.2.1. Sistema Dáragon

El sistema Dáragon está construido sobre unos soportes de acero galvanizado para sujetar el soporte principal y recoger la energía cinética (figura 16). El material utilizado es polipropileno con aditivos de minerales, el cual presenta una capacidad de absorción superior a la del acero y no vuelve a su sitio después del impacto, evitando el efecto muelle que produciría un rebote del vehículo, es decir, que éste volviera a la calzada y se pudieran producir mayores consecuencias con los demás vehículos de la vía. Este sistema logra solucionar el problema del espaciado inferior y el posible impacto con las aristas cortantes del perfil (7–9). Sin embargo, la parte longitudinal superior sigue teniendo aristas cortantes y sigue siendo de acero galvanizado, por lo que las consecuencias del impacto con esta parte serían mayores que en caso de impacto contra la parte inferior.

Fig. 16: Sistema Dáragon.

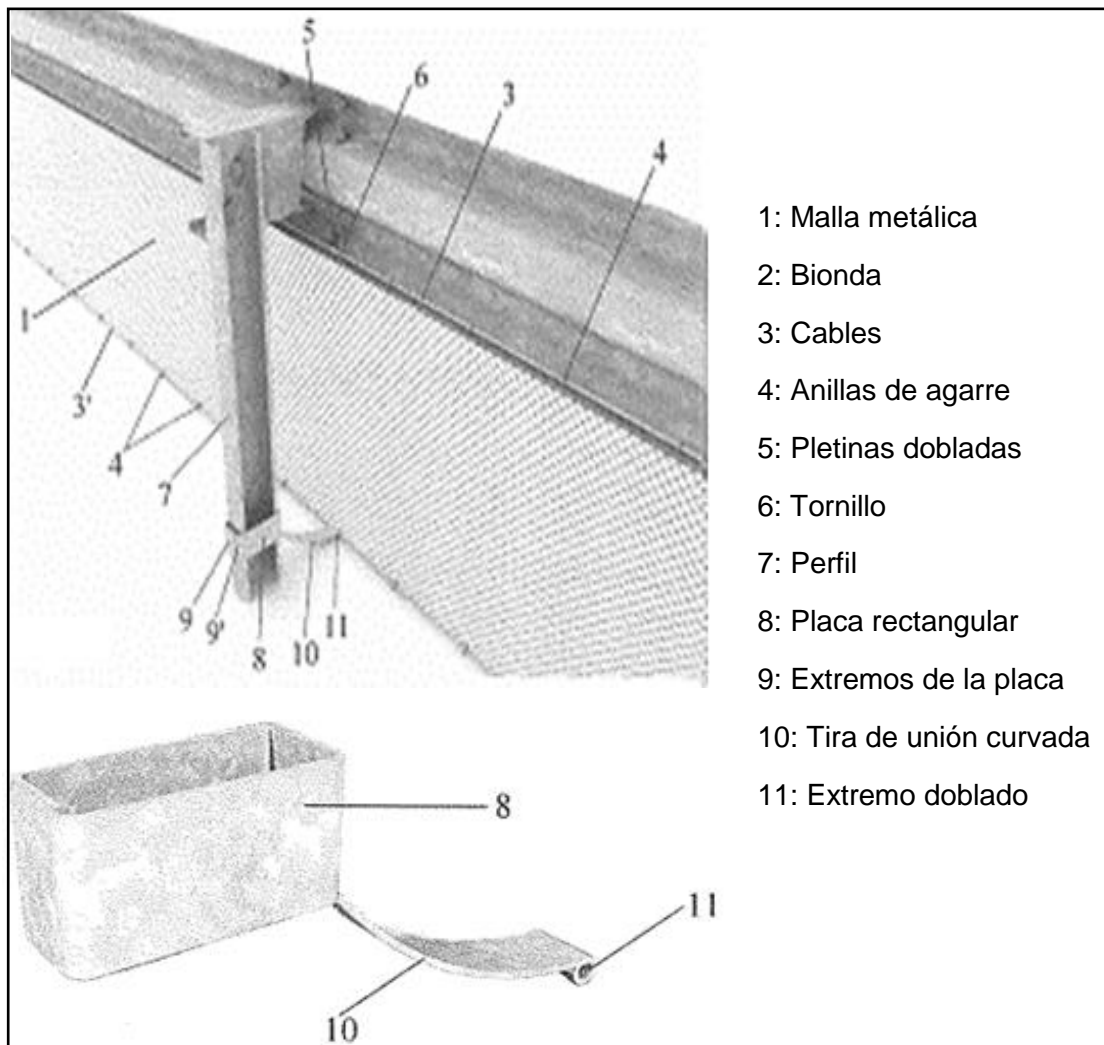


Fuente: Mutua General Motociclista (7) y Universidad Politécnica de Cataluña, 2015 - OEPM (42)

1.3.2.2.2. Barrera protectora para el guardarraíl

La barrera protectora para el guardarraíl consiste en una malla unida en su parte superior e inferior a unos cables que van colocados horizontalmente a lo largo de toda la malla (figura 17). La parte superior de la malla va unida a la parte inferior de la bionda mediante pletinas dobladas que abarcan el cable y los extremos van unidos por un tornillo que entrará también por un orificio situado en la chapa de la bionda, quedando de esta forma fijada la malla a dicha bionda. Para la sujeción a los postes se sitúa una placa rectangular que se adapta a la parte inferior del poste, cerrándose en sus extremos. Esta placa está sujeta a la valla por medio de una tira curvada ligeramente hacia el asfalto y con un extremo doblado hacia abajo para rodear el grosor del cable inferior de la malla.

Fig. 17: Barrera protectora para guardarraíl.

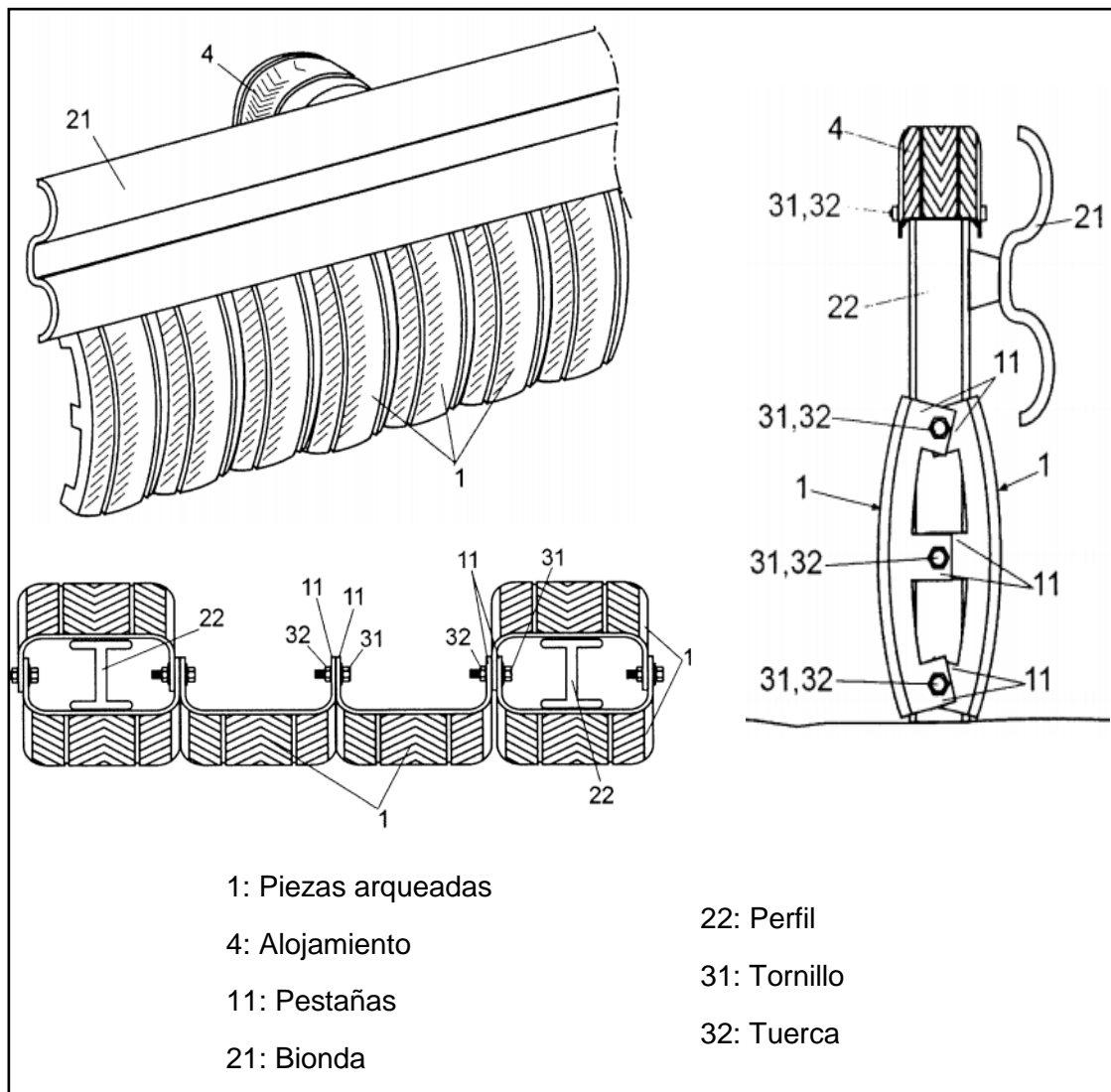


Fuente: Universidad de Cantabria, 2009 - OEPM (43).

1.3.2.2.3. *Dispositivo protector para guardarrailes*

Este dispositivo (figura 18) consta de varias partes. Por un lado, tenemos el protector inferior de la bionda, que lo componen varias piezas arqueadas cuya sección tiene forma de U y están fabricadas por porciones de neumáticos usados o reciclados. Estas piezas presentan en sus laterales unas pestañas que se prolongan hacia la zona cóncava y varios orificios para los elementos de unión de las piezas que serán juegos de tornillo y tuerca. Por otro lado, se encuentra el alojamiento para el poste, tratándose de una pieza igual que las anteriores y colocada en la parte superior como se muestra en la figura 17.

Fig. 18: Dispositivo protector para guardarrailes.

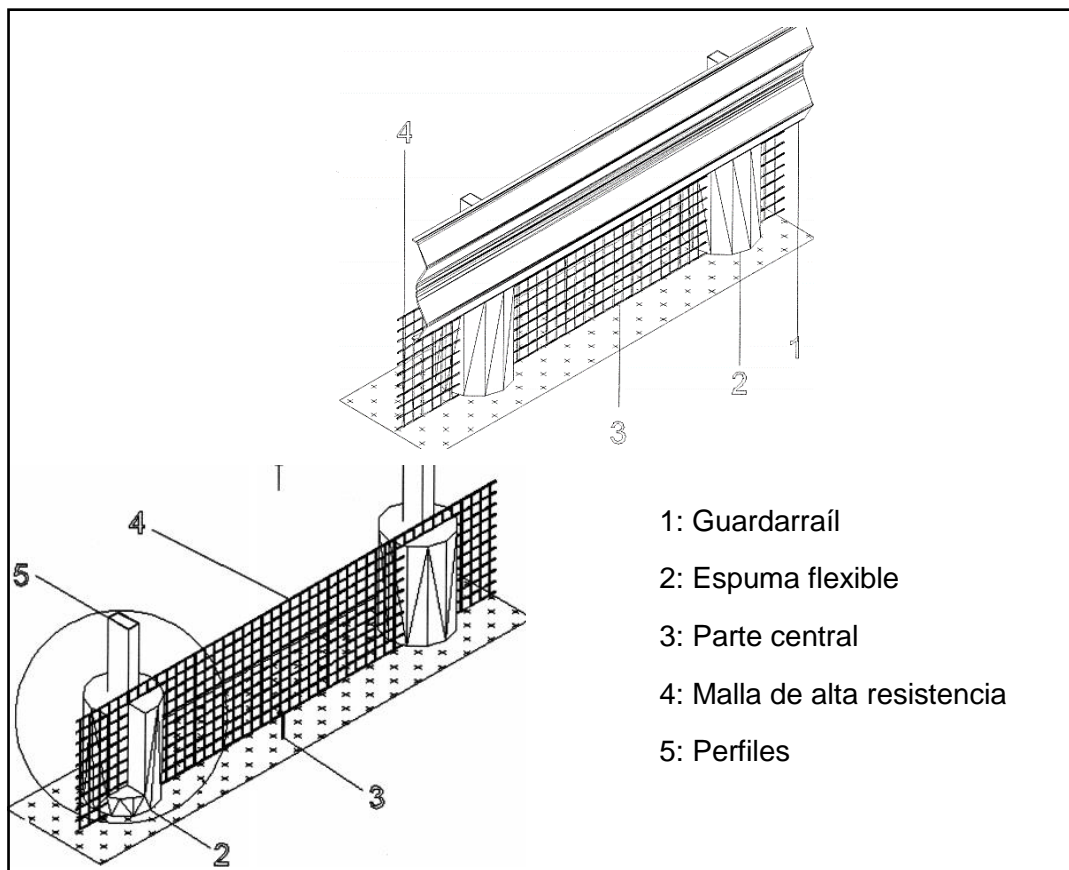


Fuente: Sandoval y López, 2007 - OEPM (44).

1.3.2.2.4. Protección del guardarraíl para motoristas

La protección del guardarraíl para motoristas (figura 19) consiste, por un lado, en el recubrimiento de los postes con espuma flexible protegida contra la intemperie y, por otro lado, en el cerramiento del hueco inferior del guardarraíl con una malla de alta resistencia. La malla queda fijada permanentemente a los pilares gracias al recubrimiento de éstos, proyectados *in situ* abarcando todo el poste y parte de la valla. Además, la valla va anclada al suelo en la parte central. En caso de accidente el impacto de los ocupantes con el poste será inferior gracias a la espuma y la valla impedirá que los cuerpos traspasen el guardarraíl.

Fig. 19: Protección guardarraíl para motoristas.

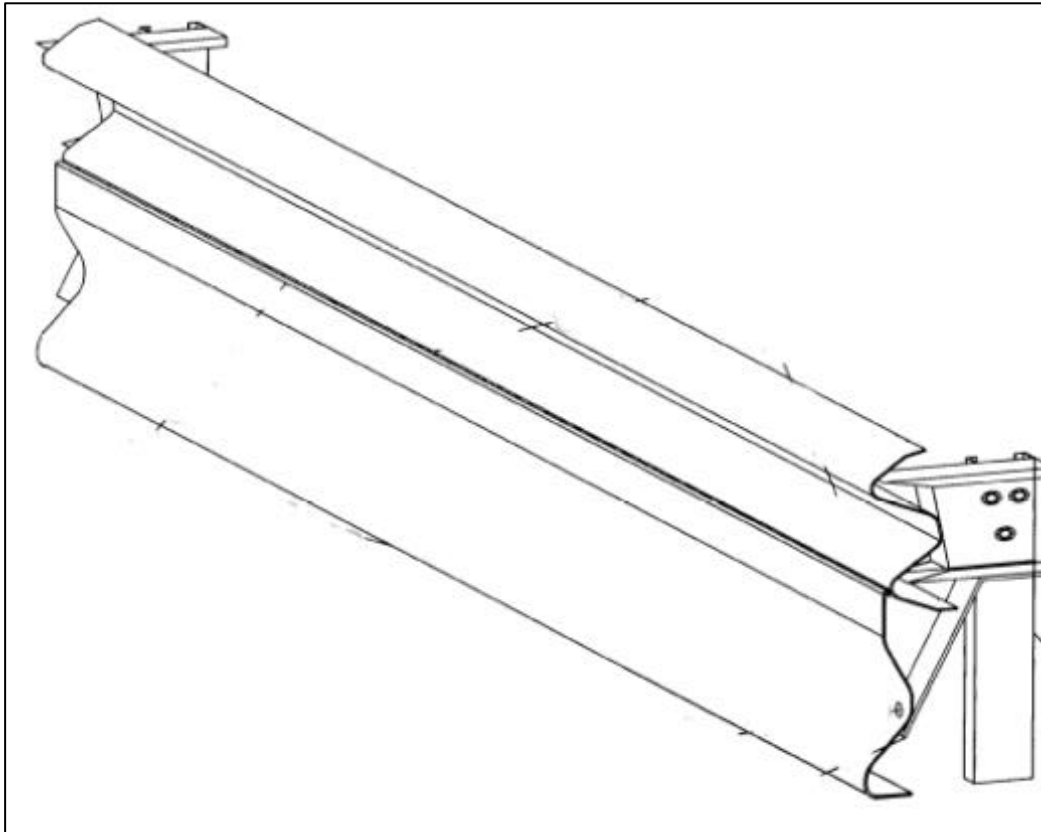


Fuente: Alonso, 2010 - OEPM (45).

1.3.2.2.5. Sistema de protección del guardarraíl con tela de hormigón

Este sistema para la protección del guardarraíl utiliza tela de hormigón con el objetivo de dotar a éstos de mayor seguridad para motoristas y ciclistas, y va colocado bajo la bionda (en el hueco inferior) como se muestra en la figura 20.

Fig. 20: Sistema de protección del guardarraíl con tela de hormigón.



Fuente: Núñez y de Santos, 2010 - OEPM (46).

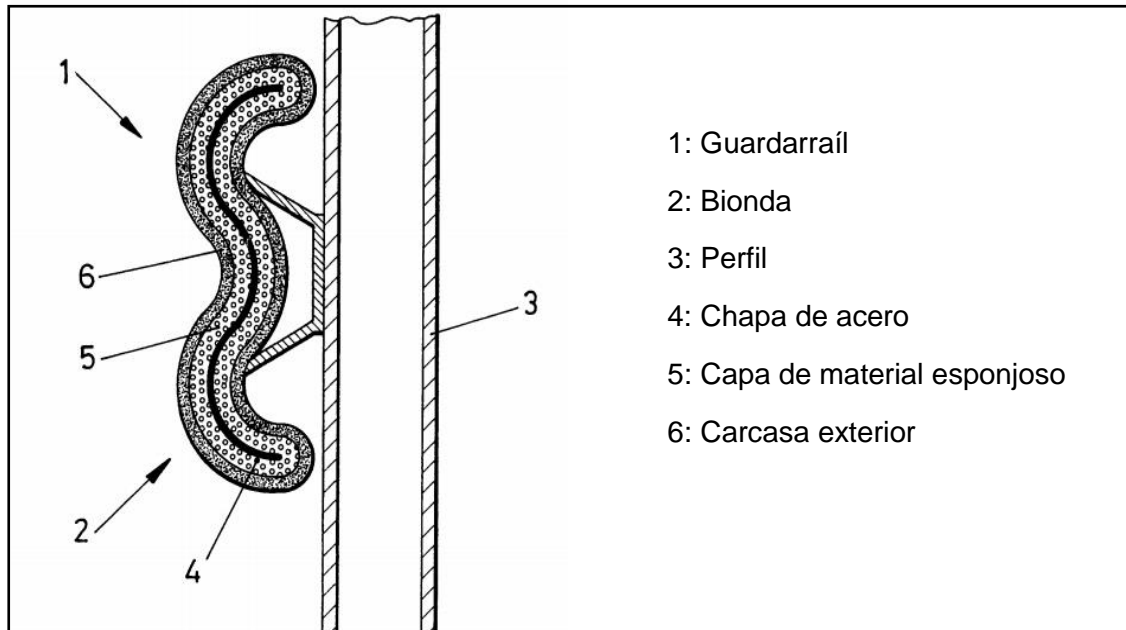
3.2.3. Protección de las biondas del guardarraíl

Una vez analizadas las invenciones que hacen frente al problema del hueco inferior, a continuación recogemos algunas de las principales invenciones que tratan de mitigar el impacto del motorista con la parte longitudinal superior del guardarraíl. La mayoría de tales invenciones se basan en la utilización de un protector de material flexible para esta parte del guardarraíl (figuras 19 y 20).

1.3.2.3.1. Protección guardarraíl

Este invento se centra en la protección de la bionda que se encuentra sujeta por los postes colocados a cierta distancia como en el guardarraíl convencional (figura 21). La bionda está constituida por un perfil de chapa de acero, alrededor del cual se encuentra una capa de material esponjoso que cuenta con una carcasa exterior de goma dura. Ambas partes muestran una geometría correspondiente con la sección del perfil. La capa de material esponjoso es de caucho, al igual que la carcasa exterior, pero esta última está realizada con caucho de mayor dureza.

Fig. 21: Protección guardarraíl.

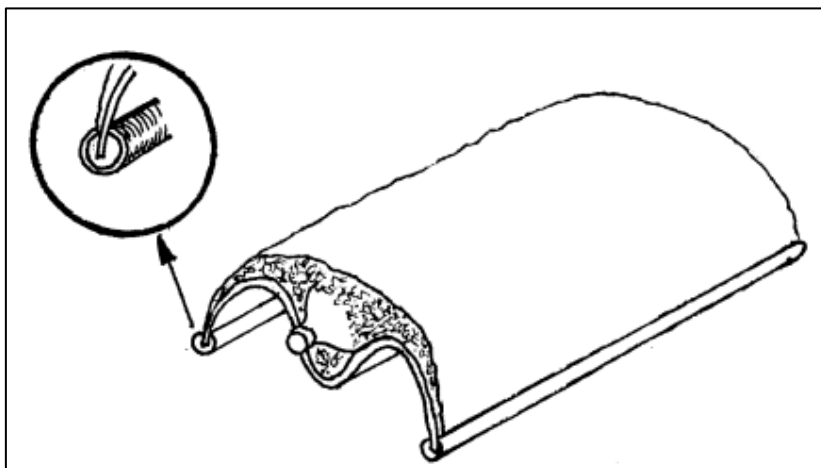


Fuente: Arechavaleta y Lanza, 2004 - OEPM (47).

1.3.2.3.2. Protector amortiguado

El protector amortiguado trata de recubrir la bionda para reducir el impacto (figura 22). Está compuesto por un tubo protector de los fillos del guardarraíl de acero galvanizado, botellas de policloruro de vinilo (PVC) o politereftalato de etileno (PET) colocadas en el centro de la bionda que harán de cámara amortiguadora, una capa de espuma de poliuretano que recubre toda la parte longitudinal, y una capa de pintura final para proteger el poliuretano.

Fig. 22: Protector amortiguado.

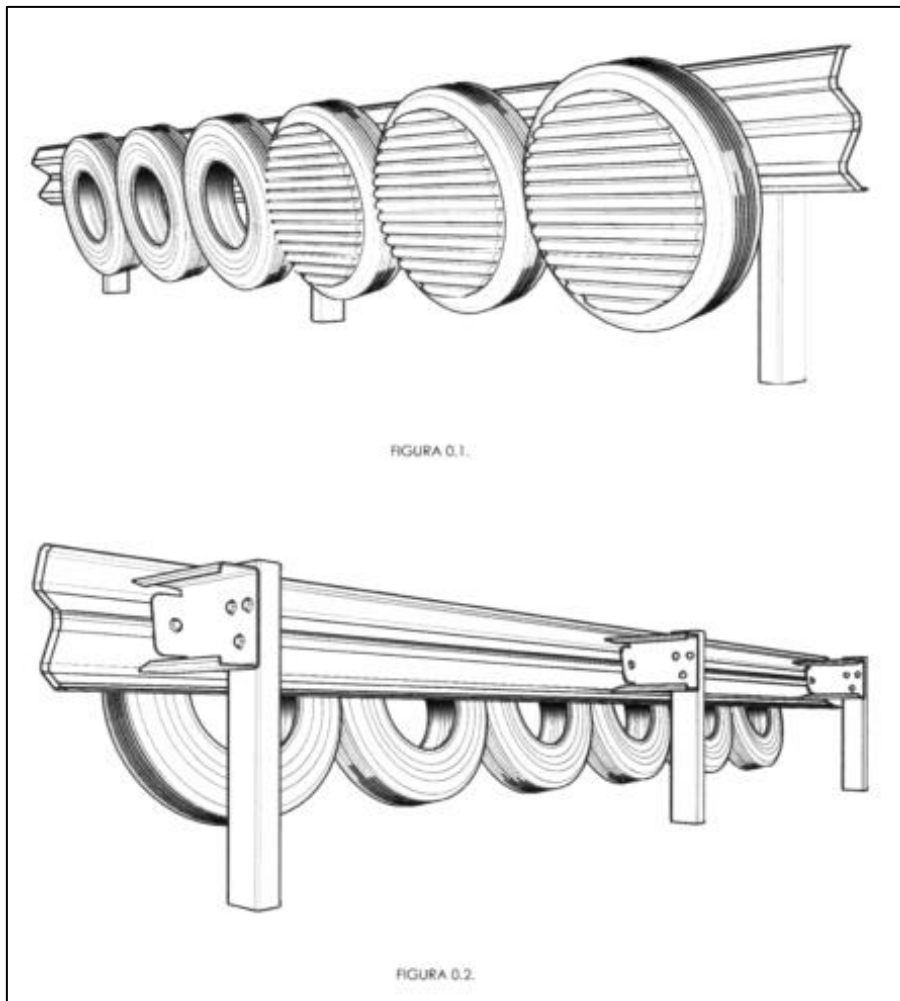


Fuente: Sevilla, 2011 - OEPM (48).

1.3.2.3.3. Sistema de protección de impactos de vehículos con bionda

Esta invención es un sistema de protección de impactos de vehículos contra la bionda superior del guardarraíl mediante neumáticos fuera de uso. Los neumáticos podrán ser utilizados enteros o cortados (según un plano paralelo a su verticalidad) e irán colocados verticalmente solapados unos con otros, de manera que protejan la bionda como se muestra en la siguiente figura:

Fig. 23: Sistema de protección de impactos de vehículos con bionda.



Fuente: Arce, 2018 - OEPM (49).

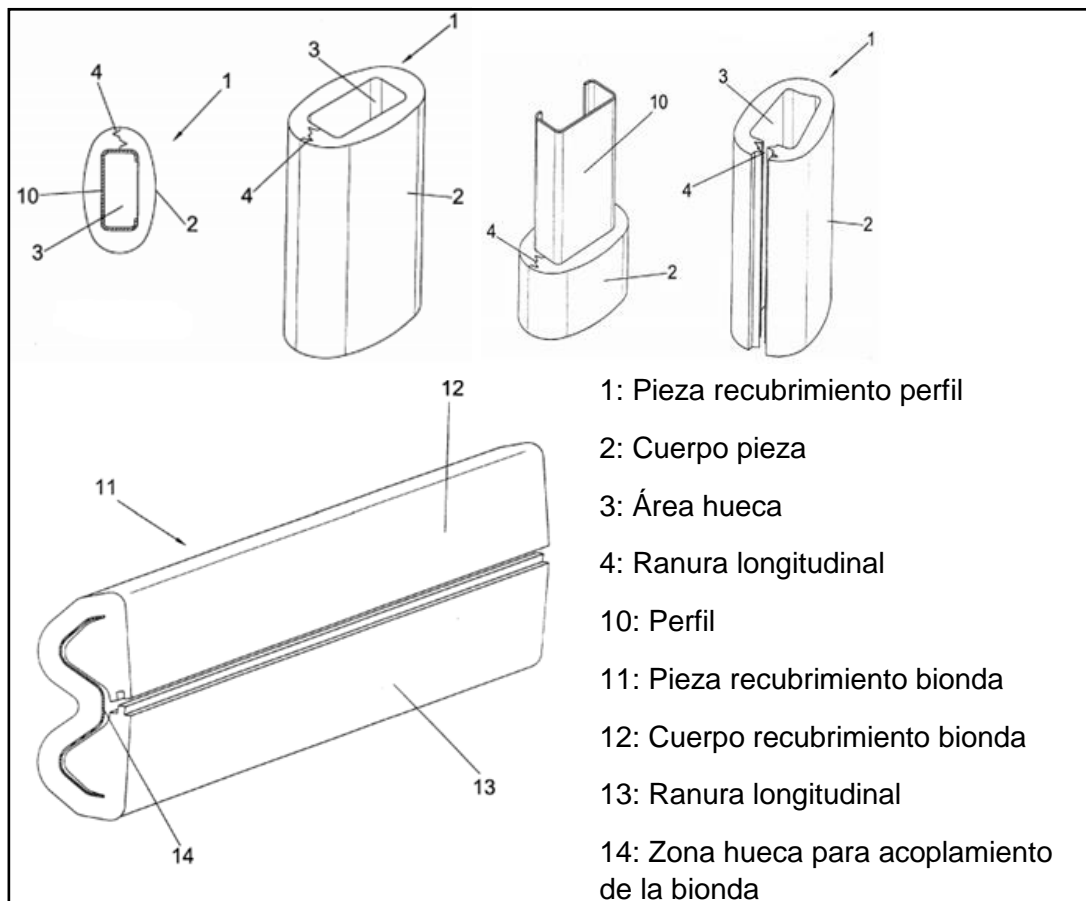
1.3.2.4. Protección guardarraíl completo

Por último, tenemos las invenciones que tratan de proteger todas las partes del guardarraíl que puedan producir algún daño. Estos sistemas pretenden evitar que queden libres bordes cortantes forrando dichas partes de algún material amortiguador.

1.3.2.4.1. Revestimiento para postes y bandas

El revestimiento para postes y bandas (figura 24) está constituido a partir del triturado de neumáticos al que se añade adhesivo para formar una mezcla de distintos grosores. Con esta mezcla se forma un cuerpo en cuya zona interior se deja un área hueca de sección rectangular, provista de una ranura longitudinal configurada como una brida, acoplándose el poste en el interior del cuerpo. Por otro lado, la bionda es revestida por una pieza que presenta un cuerpo y una ranura longitudinal para cierre rápido, dispone de una zona hueca en la que se acopla la bionda.

Fig. 24: Revestimiento para postes y bandas.



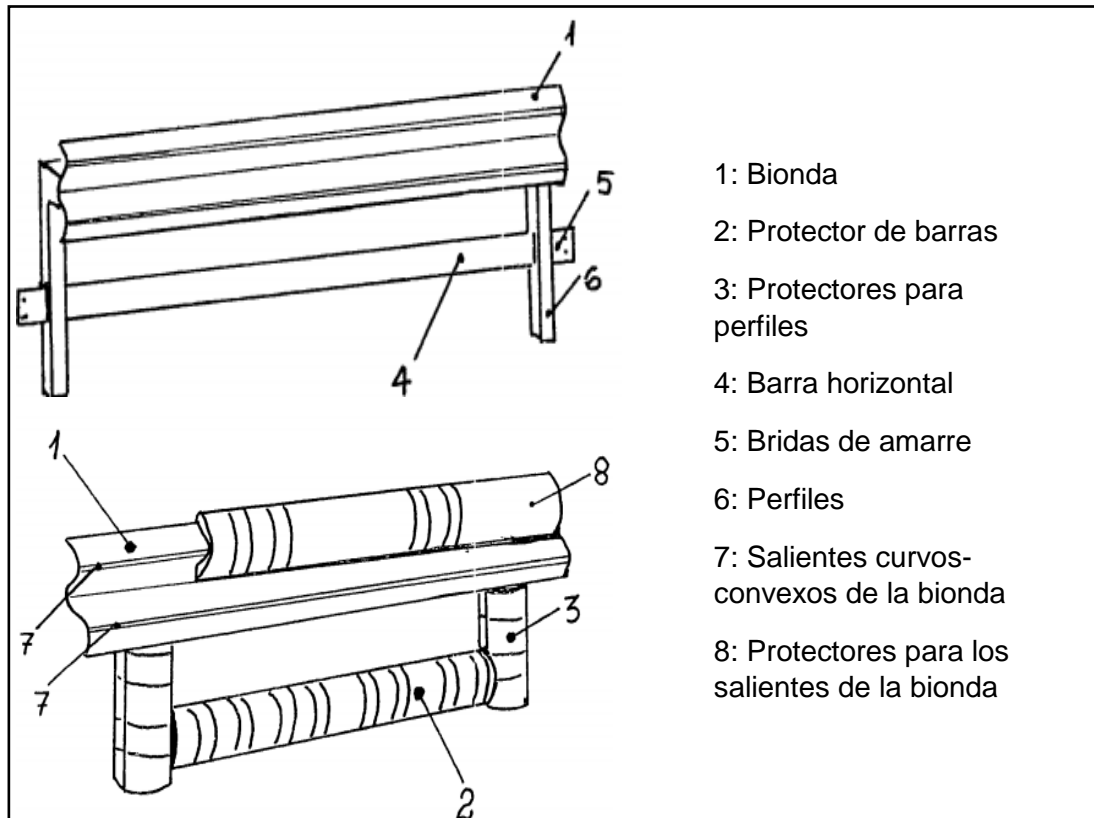
Fuente: Nieto, 2002 - OEPM (50).

1.3.2.4.2. Sistema protector para guardarrailes

El sistema protector para guardarrailes adaptado a los guardarrailes tradicionales está compuesto por biondas y postes (figura 25). Este sistema comprende protectores de poste con bridas de amarre, una barra horizontal unida a los extremos de las bridas situada entre cada dos postes, un protector para cada barra y protectores para los

salientes curvos-convexos de la bionda. Todos estos protectores, fabricados con caucho procedente de neumáticos reciclados, tienen como finalidad la protección de los bordes cortantes que presenta el guardarraíl.

Fig. 25: Sistema protector para guardarraíles.

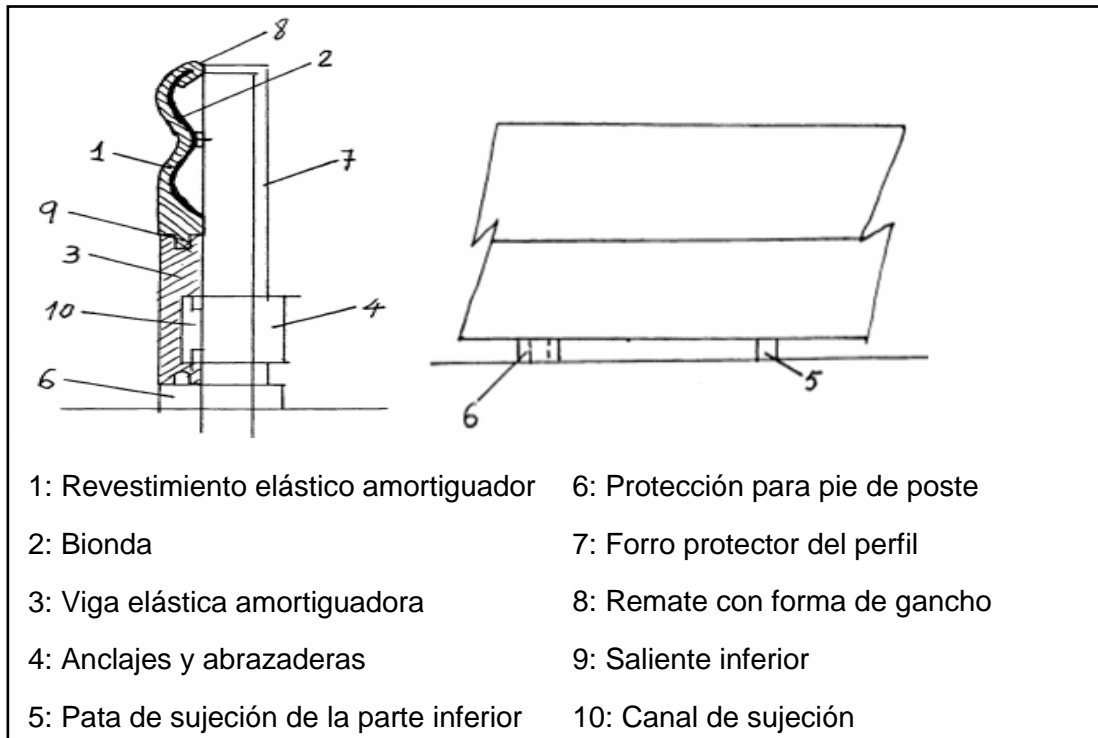


Fuente: López, 2008 - OEPM (51).

1.3.2.4.3. Protección elástica amortiguadora

La protección elástica amortiguadora para guardabordes de carretera (figura 26) es un sistema que consta de dos componentes diferenciados: (a) un forro o revestimiento elástico amortiguador para revestir la bionda que, además, cuenta con un remate superior con forma de gancho cuya función es la sujeción con la bionda; y (b) una viga elástica amortiguadora que cubre el hueco inferior entre la bionda y el suelo de la calzada, y que se encuentra sujeta a la viga mediante un canal. Ambos componentes se adaptan y quedan unidos mediante un enlace machihembrado, formando una sola pieza, gracias al saliente inferior del revestimiento que encajaría en la ranura de la parte superior de la viga. Además, mediante los anclajes y abrazaderas la viga quedará fijada al poste. Éste, a su vez, consta de un forro protector y de una protección para el pie de poste.

Fig. 26: Protección elástica amortiguadora.

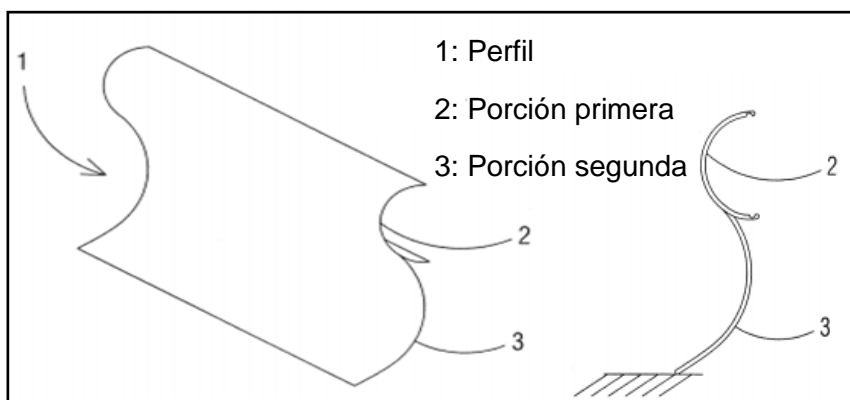


Fuente: Pérez y López, 2009 - OEPM (52).

1.3.2.4.4. Dispositivo de protección para guardarrailes

En la figura 27 se representa un dispositivo de protección para guardarrailes que está constituido por un perfil que tiene dos porciones. La primera porción tiene un contorno semicilíndrico destinado a acoplarse por presión a la bionda de los guardarrailes y, además, consta de dos ranuras para mejorar la sujeción con la bionda. La segunda porción tiene un contorno semiovoide que apoya sobre la calzada. Ambas porciones están acopladas entre sí y son de un material plástico resistente al impacto.

Fig. 27: Dispositivo de protección para guardarrailes.

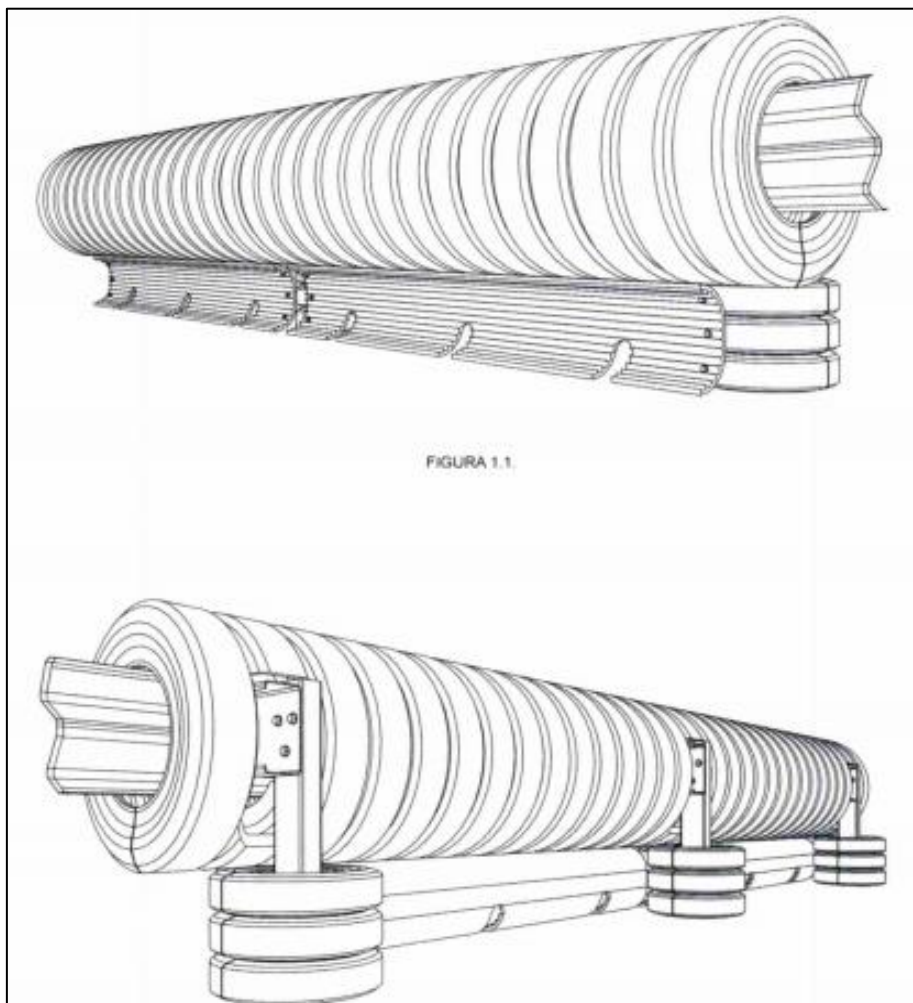


Fuente: Crespi, 2007 - OEPM (53).

1.3.2.4.4. Sistema de protección contra impactos de vehículos

En la figura 28 se presenta un sistema de protección contra impactos de vehículos en guardarrailes. Este sistema comprende tres elementos básicos: neumáticos fuera de uso en posición vertical y transversal alrededor de las biondas; neumáticos de menor diámetro alrededor de la zona libre de los postes verticales; y bandas longitudinales de goma o plástico, unidas a los neumáticos anteriores, tapando el hueco inferior.

Fig. 28: Sistema de protección contra impactos de vehículos.



Fuente: Arce, 2018 - OEPM (54).

1.3.4. Resultados

En la tabla 5 se muestra un cuadro resumen con los problemas que logran o no solucionar los distintos dispositivos estudiados en los apartados anteriores. En ésta se mostrará “Sí” cuando el dispositivo solucione dicho problema, “No” cuando no lo solucione y “En parte” cuando el problema se resuelva parcialmente.

Tabla 5: Problemas resueltos por los dispositivos o patentes existentes.

DISPOSITIVOS	Protección hueco inferior	Protección impacto bionda	Protección impacto con poste	Protección impacto con otros elementos
<i>Guardarraíl doble</i>	Sí	No	En parte	No
<i>Sistema SPM</i>	Sí	No	En parte	No
<i>Protección postes</i>	No	No	En parte	-
<i>Sistema Dáragon</i>	Sí	No	En parte	En parte
<i>Sistema SPM-Basyc</i>	Sí	En parte	En parte	Sí
<i>Protector para postes</i>	No	No	En parte	-
<i>Dispositivo protector perfiles</i>	No	No	En parte	-
<i>Protector impacto en postes</i>	No	No	En parte	-
<i>Protector para guardarraíles</i>	No	No	En parte	-
<i>Sistema amortiguación de impacto sobre postes</i>	No	No	En parte	-
<i>Dispositivo de protección para los postes</i>	No	No	En parte	-
<i>Barrera protectora para guardarraíl</i>	Sí	No	En parte	En parte
<i>Dispositivo protector para guardarraíles</i>	Sí	No	Sí	Sí
<i>Protección guardarraíl para motoristas</i>	Sí	No	En parte	En parte
<i>Sistema de protección del guardarraíl con tela de hormigón</i>	Sí	No	En parte	-
<i>Protección guardarraíl</i>	No	Sí	No	-
<i>Protector amortiguado</i>	No	Sí	No	-
<i>Sistema de protección de impactos con bionda</i>	En parte	En parte	En parte	-
<i>Revestimiento para postes y bandas</i>	No	Sí	En parte	-
<i>Sistema protector para guardarraíles</i>	En parte	Sí	En parte	Sí
<i>Protección elástica amortiguadora</i>	Sí	Sí	En parte	Sí
<i>Dispositivo de protección para guardarraíles</i>	Sí	Sí	En parte	Sí
<i>Sistema de protección contra impactos de vehículos</i>	Sí	Sí	En parte	Sí

Fuente: Elaboración propia



De la información resumida en la tabla 2, diferentes aspectos merecen ser subrayados. En primer lugar, cabe destacar que casi todos los dispositivos protectores de postes logran proteger tal poste sólo parcialmente, debido a que solo uno de estos dispositivos hace frente a la protección de la parte que sobresale por encima de la bionda del mismo, que puede causar grandes daños en caso de que el usuario salga despedido por encima del guardarraíl y colisione con dicha parte.

Respecto a la necesidad de protección del hueco inferior del guardarraíl, cabe destacar que en la mayoría de los casos se ha valorado como aceptable la solución de protección del hueco inferior. Sin embargo, en cuanto a las soluciones ante impactos con otros elementos, la mayoría de las invenciones analizadas no solucionan este problema, o proporcionan sólo una solución parcial, dado que, desde nuestro punto de vista, el material de los elementos de protección para esta parte no es adecuado.

Atendiendo a todos los antecedentes que hemos tratado en el presente apartado, para la elaboración del proyecto que aquí abordamos, nos vamos a centrar en todos los inconvenientes del guardarraíl simple que no han logrado solucionar ni los sistemas ya implantados, ni las invenciones encontradas en la OEPM: eliminar bordes cortantes para evitar los grandes daños que pueden producir (muerte y amputaciones) y conseguir que el impacto de la persona con cualquier elemento sea amortiguado para eludir graves lesiones. Para dar solución a estos problemas realizaremos diversos estudios sobre diferentes formas y materiales que ayuden a solucionar inconvenientes que las propuestas vistas anteriormente no hayan logrado solventar.

1.4. Requisitos del diseño

Como se ha podido comprobar en la sección de antecedentes, ni los sistemas de protección existentes en la actualidad, ni las invenciones patentadas han logrado, hasta el momento, dar solución a todos los inconvenientes que presenta el guardarraíl simple. Por ello, pretendemos crear un sistema que solucione todos estos inconvenientes, contemplando, además, la posibilidad de realizar un diseño que se pueda adaptar a los guardarraíles simples existentes en las carreteras, para facilitar su instalación, minimizar la inversión necesaria y, de esta forma, hacerlo más atractivo para los clientes potenciales. Para conseguirlo, el sistema de protección que desarrollemos deberá cumplir con los siguientes requisitos de diseño:

- **Diseño:** El diseño del sistema de protección deberá eliminar bordes cortantes para evitar los daños que se puedan producir en caso de que una persona impacte contra éstos.
- **Adaptación:** El sistema deberá adaptarse fácilmente a los guardarraíles simples existentes en la actualidad para tratar así de facilitar su implantación, evitando la retirada previa de los guardarraíles ya instalados en las carreteras.
- **Materiales:** Los materiales utilizados en el diseño deberán permitir la amortiguación del impacto del cuerpo de la persona contra cualquier elemento del guardarraíl, lo cual contribuirá tanto a reducir el número de muertes por impacto, como la gravedad de las lesiones que derivan del mismo.
- **Calidad y fiabilidad:** El diseño deberá permitir el buen funcionamiento del guardarraíl, soportando el impacto no solo del cuerpo de las personas, sino el de cualquier vehículo (también de los vehículos de cuatro o más ruedas) que pueda circular por la calzada.
- **Vida útil:** Deberá ser lo más larga posible para que su implantación sea factible y el sistema pueda ser amortizado antes de sustituirlo por otro nuevo.
- **Reciclabilidad:** Deberá ser reciclable para minimizar el impacto medioambiental al final de su vida útil.
- **Coste de fabricación:** El nuevo sistema de protección tendrá que ser lo más económico posible para hacer el sistema más atractivo y minimizar la inversión que deban realizar los potenciales clientes, pero siempre atendiendo a la funcionalidad y calidad necesarias en este tipo de sistemas.

CAPÍTULO 2: GESTIÓN DEL ALCANCE Y METODOLOGÍA

2.1. Alcance del proyecto

Con el presente proyecto se pretende, principalmente, dar solución a los inconvenientes que presenta el guardarraíl simple, y proteger a los motoristas y ciclistas en caso de accidente, puesto que éstos son los usuarios que mayor riesgo corren en la carretera en caso de impacto contra el guardarraíl (1, 55). Sin embargo, el sistema diseñado deberá ser, como mínimo igual de seguro que el guardarraíl simple para los demás usuarios que circulen por la calzada con cualquier tipo de vehículo.

Además de ello, nosotros proponemos que el nuevo sistema que desarrollemos sea implantado en las carreteras españolas de manera gradual, y atendiendo al nivel de peligrosidad de las mismas. Así, en un principio, deberíamos centrarnos en implantar el nuevo sistema en las carreteras de mayor peligrosidad para motocicletas y ciclomotores, es decir, aquellas en las que se produce el mayor número de accidentes con estos vehículos. Sin embargo, a lo largo del tiempo y en función de la disponibilidad presupuestaria de los distintos organismos encargados del mantenimiento de la red de carreteras, el sistema podrá seguir implantándose en el resto de carreteras españolas posibles, aumentando la protección de los usuarios todo lo posible.

Para decidir cuáles son las carreteras de mayor prioridad para la implantación de este sistema, proponemos recurrir, de nuevo, a los datos del XV Informe EuroRap 2017 (1). Según dicho informe, el tramo más peligroso de España está en la N-120, entre los kilómetros 535,2 y 549,5 entre el principio de la vía rápida en el enlace de Seguin (Lugo) y el enlace de Penalba (Ourense). En estos 14,3 kilómetros se han producido nueve accidentes graves entre 2014 y 2016, con un resultado de un fallecido y once heridos graves, siendo por tercer año consecutivo un tramo considerado de riesgo alto. A continuación, la tabla 3 recoge los seis tramos más peligrosos de España según el informe EuroRap 2017 (1).

Teniendo en cuenta los datos sobre los tramos más peligrosos, el perfil del tramo con un mayor nivel de riesgo de accidentes corresponde a una carretera convencional de calzada única, con intersecciones a nivel y una intensidad media diaria de vehículos (IMD) inferior a 10.000 vehículos/día. Además, según estos datos, los tramos de riesgo elevado (alto y medio-alto) han aumentado del 13% del año 2016 al 14% de la actualidad, mientras que los tramos de riesgo reducido (bajo y medio-bajo) han presentado una reducción del 0,6% (1).

Tabla 6: Seis tramos más peligrosos de España.

<i>Vía</i>	Punto Km. Inicial-Punto Km. Final	Provincia	Accidentes Mortales y Graves	Muertes/ Heridos Graves	Intensidad Media Diaria de Vehículos	Índice Riesgo
<i>N-120</i>	535,2- 549,5	Lugo	9	1/11	4.244	135,4
<i>N-260</i>	117,3-179,5	Girona	21	2/22	2.313	133,3
<i>N-330</i>	624,2-643,0	Huesca	7	1/6	2.733	124,4
<i>N-541</i>	75,2-87,0	Pontevedra	6	1/5	3.853	120,5
<i>N-642</i>	0,0-8,2	Lugo	3	0/3	2.789	119,8
<i>N-629</i>	33,7-48,0	Burgos	5	2/6	2.753	116,0

Fuente: Adaptado del Real Automóvil Club de España (datos del informe EuroRap 2017)

Una vez estudiados los tramos de carreteras más peligrosos a nivel general, vamos a revisar los tramos de muy alta siniestralidad para usuarios de motocicletas, dado que según EuroRap, en los últimos años, el porcentaje de motocicletas involucradas en accidentes mortales y graves en España se ha incrementado notablemente, pasando de un 7,8% en 2003 a un 22,6% en el año 2015. Esto significa que, actualmente, uno de cada cinco accidentes con muertos o heridos graves lo sufre un motorista (56).

La mayor afluencia de accidentes de motoristas se centra en 17 tramos concretos de la Red de Carreteras del Estado, 414 kilómetros en los que se producen el 22,56% de los accidentes graves y mortales de motoristas, según el informe EuroRap 2017. En total, en 2015 en estas vías se produjeron 162 accidentes de vehículos de dos ruedas, frente al total de 718 accidentes (1). En la tabla 7 se recogen los diecisiete tramos con mayor siniestralidad de usuarios de ciclomotor y motocicleta.

Teniendo en cuenta todos los datos recogidos en la tabla 8, para la implantación del nuevo sistema de protección proponemos centrarnos, en primer lugar, en los tramos de mayor peligrosidad para motocicletas y ciclomotores; y, en segundo lugar, en los tramos de riesgo para el total de los vehículos que circulan por dichas vías, desde los de peligrosidad alta hasta los de peligrosidad baja. Finalmente, consideramos que el sistema debería ser implantado, al menos, en los 509 puntos negros contabilizados por la Dirección General de Tráfico (DGT) en carreteras secundarias, autopistas y autovías (57).

Tabla 7: Tramos de mayor siniestralidad en ciclomotores y motocicletas en el año 2017.

Vía	Punto de Km. Inicial	Punto de Km. Final	Provincia	Accidentes Mortales	Accidentes Graves	Accidentes por Kilómetro	Porcentaje
M-14	0	2,8	Madrid	0	4	0,48	80,00
A-7	169,1	174,2	Málaga	0	6	0,39	60,00
A-2	605,1	611,6	Barcelona	0	7	0,36	77,78
B-20	16,3	26,8	Barcelona	1	9	0,32	76,92
B-20	0	3,4	Barcelona	0	3	0,29	75,00
A-2	586,6	605,1	Barcelona	0	16	0,29	66,67
A-3	348,2	352	Valencia	1	2	0,26	50,00
A-3	3,7	10,5	Madrid	1	4	0,25	83,33
B-23	0	15,5	Barcelona	1	9	0,22	62,50
AC-12	1,9	6,8	A Coruña	0	3	0,20	37,50
V-31	5,7	14	Valencia	1	4	0,20	41,67
B-30	0	11,7	Barcelona	0	7	0,20	63,64
N-332	220,5	225,6	Valencia	1	2	0,20	100,00
SE-30	12,6	22,4	Sevilla	1	4	0,17	41,67
A-7	102,2	108,2	Cádiz	0	3	0,17	60,00

Fuente: Real Automóvil Club de España (datos del informe EuroRap 2017).

2.2. Metodología

La metodología de diseño se considera como una guía de navegación que sirve para orientar al diseñador durante el proceso proyectual, aunque no debe confundirse con una receta que constituye caminos preestablecidos para lograr el objetivo (58). Por lo tanto, el objetivo de la metodología nace del propio problema a resolver. Así, teniendo en cuenta el problema a resolver en este trabajo, la metodología seguida para la elaboración del presente proyecto se estructura en las siguientes fases o etapas:

- **Búsqueda de información.** Para investigar tanto los distintos sistemas de contención existentes en la actualidad (y las ventajas e inconvenientes que éstos presentan en caso de accidentes de motoristas), como las soluciones propuestas para abordar los problemas que presentan los guardarrailes simples fue necesario buscar información en diversas fuentes secundarias, siendo éstas definidas como aquellas fuentes que recogen datos o informaciones que han sido elaboradas o sintetizadas por otros (59). En nuestro caso consultamos

fuentes secundarias tanto públicas como privadas. Entre las fuentes secundarias privadas se incluyen tanto trabajos científicos y académicos (tesis doctorales y trabajos fin de máster), como blogs de motoristas, noticias de prensa y webs (4, 7, 11, 19, 20, 22, 23, 32, 34, 35, 55, 60–65). De estas fuentes secundarias privadas obtuvimos información relevante tanto sobre los daños que pueden llegar a producir los guardarraíles simples, como sobre las posibles soluciones propuestas por organizaciones o particulares para tratar de reducir tales daños. Entre las fuentes secundarias públicas cabe destacar los informes elaborados por organismos oficiales, como la DGT del Ministerio de Fomento del Gobierno de España (56, 57, 66, 67) o la OEPM (8, 9), entre otras. Por otro lado, también hemos recurrido a las fuentes primarias, siendo éstas aquellas que utilizan material de primera mano y, por lo tanto, han sido diseñadas “a medida” para alcanzar los objetivos a medida (68). En particular, la información primaria ha sido obtenida a través de un cuestionario (Anexo II) elaborado al efecto y aplicado a la persona responsable de una unidad de conservación de carreteras situada en la localidad de Zafra (Badajoz).

- **Análisis de la información.** Una vez obtenida toda la información necesaria, la filtramos para seleccionar sólo aquella que nos resultó de interés por estar directamente relacionada con nuestro proyecto. Por ello, en esta etapa analizamos en profundidad la información que habíamos conseguido en la fase anterior, comparando propuestas y soluciones para proponer mejoras y favorecer la posterior fase de creatividad. Según diversas fuentes (69–71) sobre la metodología, el análisis de la información es un paso importante en la elaboración de cualquier proyecto, pues gracias a la evaluación de esta información podemos dirigirnos hacia un objetivo concreto, teniendo en cuenta el entorno de nuestro proyecto.
- **Elaboración de bocetos.** Teniendo en cuenta los inconvenientes que presentan los sistemas de protección actuales y con el objetivo de subsanarlos, pasamos a la elaboración de diversos bocetos. La elaboración de bocetos ofrece diversas ventajas en el desarrollo de cualquier proyecto, dado que el diseñador trabaja entre el grafismo y el diseño industrial porque la función de un producto se debe diseñar de manera visual, táctil y acústica para que resulte comprensible por el usuario (59). Por ello, es muy importante plasmar en el papel las ideas que

tingamos en la cabeza para llegar a entenderlas mejor y poder desarrollarlas contemplando las posibles mejoras.

- **Selección del boceto a desarrollar.** Esta fase consiste en elegir la idea más adecuada de todas las plasmadas en los bocetos que habíamos realizado en la fase anterior, teniendo en cuenta los requisitos del diseño previstos y expuestos en el apartado 1.4 del capítulo 1.1.
- **Modelado 3D.** Definición final del producto elegido en la fase de bocetaje, realizando el diseño 3D del mismo, para la mejor visualización de todos los detalles y componentes del diseño. El *software* que hemos utilizado en esta fase es *SolidWorks* (versión 2016), cuyo proveedor es *SolidWorks Corporation*, una filial de *Dassault Systèmes S.A* para el sistema operativo *Microsoft Windows*. *SolidWorks* es un *software* de diseño asistido por ordenador (CAD) para el modelado mecánico en 3D, que permite modelar piezas y conjuntos, además de extraer de ellos tanto los planos técnicos, como otro tipo de información necesaria para la producción mediante estudios posteriores (72).
- **Estudio de materiales y procesos de fabricación.** Una vez definida la forma, se realizaron estudios sobre los materiales más adecuados para amortiguar el impacto, y sobre los distintos procesos de fabricación del sistema. La realización de estos estudios es importante, puesto que nos permiten comparar las propiedades y características de los posibles materiales y procesos de fabricación a utilizar en nuestro diseño; de manera que nos será más fácil determinar cuáles son los más adecuados atendiendo a los requisitos de diseño.
- **Implantación de mecanismo de seguridad.** En esta fase se estudian las posibilidades de implantación de un mecanismo de seguridad que aporte una tecnología innovadora al sistema de protección. En concreto, nos referimos al posible diseño y estudio de implantación de un mecanismo adicional para colocar en el guardarraíl, con el objetivo de minimizar las consecuencias en caso de accidente, ayudando a la rápida intervención de las autoridades y mejorando la visibilidad a los demás usuarios que circulen por dicha vía.
- **Estudio de sostenibilidad.** Una vez definido el sistema en cuanto a forma y materiales, se realizó un estudio de sostenibilidad (Anexo III). La sostenibilidad trata de promover el crecimiento sin dañar el medio ambiente (73), por ello es necesario realizar dicho estudio para el desarrollo del presente proyecto. El

estudio de sostenibilidad consistió en analizar el impacto medioambiental derivado tanto de la fabricación de nuestro producto, como del producto en sí, una vez finalizada su vida útil, en función de los materiales y procesos utilizados. Dicho estudio nos permitió determinar cuáles eran los materiales y métodos más adecuados teniendo en cuenta su impacto medioambiental.

- **Presupuesto del sistema.** En esta fase se estimó el coste de fabricación del sistema teniendo en cuenta las diferentes partes que lo componen.

2.3. Estructura de desglose de trabajo

Una estructura de desglose de trabajo es una herramienta que consiste en la descomposición jerárquica del proyecto orientada al entregable (74). Por ello, a partir de las diferentes fases descritas en el apartado anterior, se llevó a cabo una estructura de desglose de trabajo, que nos ayudó a cumplir con los objetivos de este Trabajo Fin de Máster y realizar todas las partes definidas dentro de plazo. A continuación, se muestra el cronograma del presente proyecto (ver tabla 6).

CAPÍTULO 3: DISEÑO, EJECUCIÓN Y RESULTADOS

3.1. Bocetaje

Una vez establecidos los objetivos y los requisitos de diseño, y tras haber realizado un análisis previo de los inconvenientes que presentan el guardarraíl simple y doble, que son los principales sistemas de protección implantados actualmente en las carreteras españolas, el siguiente paso consiste en el proceso creativo. Éste comienza con la elaboración de diversos bocetos que tratan de solucionar los inconvenientes detectados en los sistemas de protección actuales, cumpliendo, además, los requisitos de diseño previamente establecidos. Para ello, comenzamos aplicando una técnica denominada “tormenta de ideas” o “brainstorming” que facilita el surgimiento de ideas originales. Dicha técnica fue descubierta mediante un sistema de ensayo-error por Alex Faickney Osborn (publicista creativo)⁵, quien afirma que el proceso empleado en el “brainstorming” es el sistema que genera tanto una mayor cantidad de ideas como ideas de mayor calidad. En nuestro caso particular, fruto del proceso de *brainstorming* inicialmente surgieron dos propuestas o bocetos que se muestran y explican a continuación (ver Figuras 29 a 34).

Fig. 29: Boceto 1

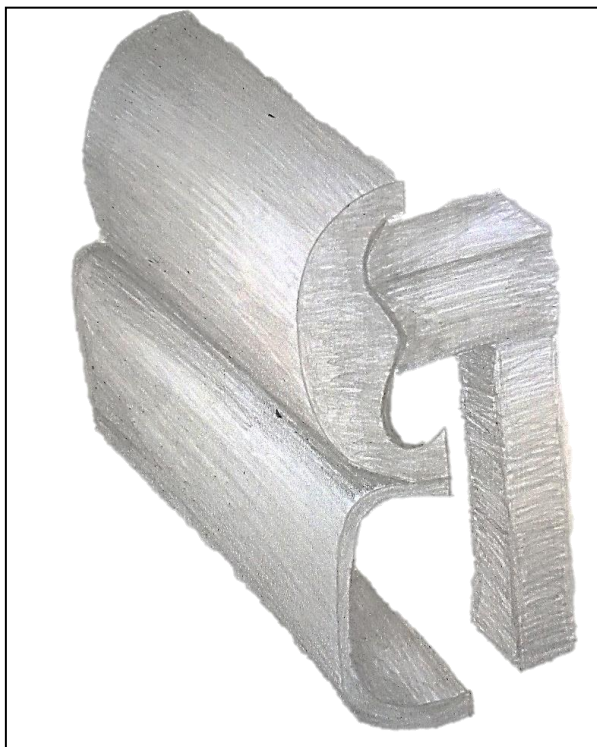


Fuente: Elaboración propia

⁵ Más información en: https://es.wikipedia.org/wiki/Alex_Faickney_Osborn (fecha de última consulta: 13/08/2017).

El boceto 1 (figura 29) consiste en un recubrimiento frontal que en la parte superior se adapta a la forma de la bionda, sujetándose a ésta mediante elementos de unión como tornillos y tuercas, por ejemplo. La parte inferior también iría sujeta a los postes o al suelo mediante algún elemento de unión para evitar desplazamientos en caso de impacto. Con esta idea protegemos dos de las tres partes localizadas en el guardarraíl simple: la bionda y el hueco inferior. Sin embargo, debemos disponer de un elemento adicional para proteger el poste en caso de que el usuario sobrepase el guardarraíl por la parte superior y pueda golpear con dicho elemento.

Fig. 30: Boceto 2



Fuente: Elaboración propia

La idea representada en el boceto 2 (figura 30) se basa en la protección tanto de la chapa de acero transversal (bionda) como del hueco inferior. Pero en este caso la protección está compuesta de dos piezas. La primera pieza es la responsable de la protección de la bionda, a la cual se adapta por la parte interior, pero en el exterior tiene una forma curva simple para que amortigüe el impacto mejor que la forma de la idea presentada en el boceto 1. La segunda pieza está destinada a la protección del hueco inferior, y tiene forma de C, para ayudar a reducir las consecuencias de un posible impacto. Ambas piezas van unidas por la zona donde contactan y, a su vez, cada una va unida al guardarraíl, el elemento superior a la bionda y el inferior al suelo o al poste.

Siendo estos los dos bocetos principales de los que partimos para el desarrollo del diseño, construimos una tabla con las principales ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos:

Tabla 7: Ventajas e inconvenientes de los bocetos desarrollados.

Propuestas	Ventajas	Inconvenientes
<i>Boceto 1</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Protege la bionda - Protege el hueco inferior - Se adapta al guardarraíl - Consta de un solo elemento 	<ul style="list-style-type: none"> - Las formas curvadas superiores no son la mejor opción de protección en caso de impacto - Poco grosor para reducir el impacto - Requiere un elemento adicional para la protección del poste
<i>Boceto 2</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Permite proteger la bionda - Permite proteger el hueco inferior - Se adapta al guardarraíl - Adquiere una forma muy propicia para la reducción del impacto - Posee un grosor mayor que ayuda a reducir el impacto 	<ul style="list-style-type: none"> - El poste no está protegido - Consta de dos elementos distintos: la protección de la bionda y la protección del hueco inferior, lo que aumentaría los tiempos de fabricación y colocación, y, por lo tanto, los costes

Fuente: Elaboración propia

Para facilitar la comparación entre ambos bocetos, se ha realizado una tabla con casillas de verificación, de tal forma, que marcamos los requisitos que cumple cada boceto (ver Tabla 8).

Tabla 8: Comparación de las ideas iniciales.

	Protección bionda	Protección hueco inferior	Protección poste	Adaptación al guardarraíl	Reducción del impacto	Una sola pieza
Boceto 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Boceto 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: Elaboración propia

Tras evaluar la tabla comparativa realizada sobre los bocetos 1 y 2, se pudo comprobar que el boceto 2 cumplía más requisitos de diseño que el boceto 1. Por ello, se decidió seguir desarrollando este segundo boceto con la intención de mejorarlo y adaptarlo para mejorar las debilidades que aún presentaba. Así surgió la idea presentada en la figura 31, la cual trata de reducir en número de piezas que componen el sistema, puesto que mientras menor sea el número de piezas, menor será tanto la dificultad de ensamblaje, como la cantidad de mano de obra requerida para llevar a cabo dicho ensamblaje, lo cual repercutirá en un menor coste de mano de obra.

Fig. 31: Boceto 3

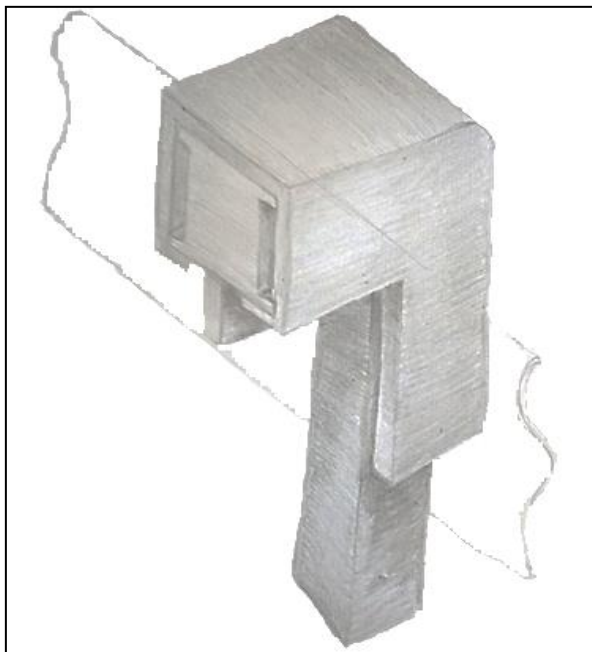


Fuente: Elaboración propia

La idea del boceto 3 es muy parecida a la idea presentada en el boceto 2, pero en este caso la parte superior se extiende hasta el suelo para cubrir el hueco inferior. La parte interior se adapta a la bionda y la parte exterior presenta una forma curvada simple que pretende la reducción de las consecuencias del impacto. Además, el grosor es mayor que en el boceto 1 lo que también ayudará a minimizar las consecuencias del impacto. Como en los casos anteriores, este dispositivo irá sujeto a la bionda mediante algún mecanismo de unión tanto por la parte superior como por la parte inferior para que no se mueva en caso de impacto.

Además, se ha elaborado un diseño para la protección del poste (figura 32), dado que todas las ideas presentadas hasta el momento no poseen dicha protección y necesitarían este elemento adicional para proteger el guardarraíl por completo.

Fig. 32: Boceto 4

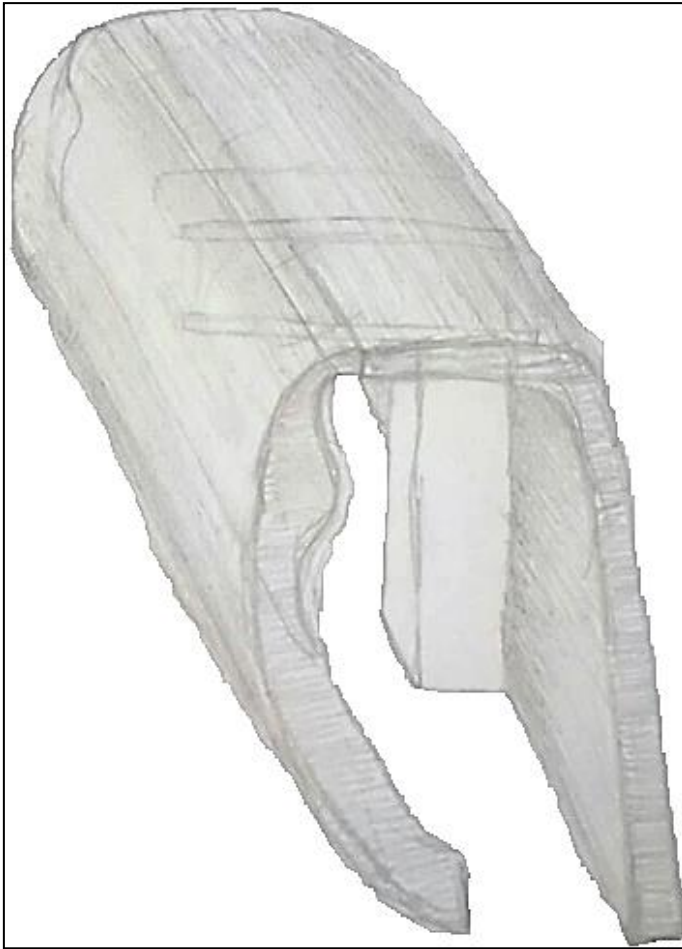


Fuente: Elaboración propia

Este diseño adopta una forma que se adapta a la parte del poste con la que puede impactar cualquier persona en caso de salir despedida por encima del guardarraíl. Sin embargo, precisará de algunos elementos de unión para que no se suelte con facilidad.

Considerando todo lo anterior, desarrollamos el boceto 3 teniendo, contemplando que éste se complementa con el boceto 4 para cubrir el guardarraíl completamente, y tratar de minimizar así las consecuencias de cualquier impacto. De la unión de ambos diseños (bocetos 3 y 4), surgió la idea presentada en el boceto 5 (figura 33).

Fig. 33: Boceto 5



Fuente: Elaboración propia

Esta idea consta de dos partes, la parte frontal es la misma idea que la presentada en el boceto 3 y la parte trasera-superior está añadida a dicho elemento con la función de proteger los postes, intentando formar una sola pieza que proteja el guardarraíl completo.

Entre las ideas desarrolladas, finalmente consideramos ésta como la más factible de fabricación e instalación, dado que se compone de una sola pieza y se adapta perfectamente para proteger todas las partes del guardarraíl. No obstante, se propusieron algunos cambios, como suprimir material de la parte trasera-inferior, dado que, si una persona traspasa el guardarraíl, creemos que hay muy pocas posibilidades de que impacte con la parte trasera-inferior del poste. De esta manera ahorraríamos en material y, por lo tanto, en costes de fabricación. Esta y otras ligeras modificaciones se recogen en el boceto 6.

Fig. 34: Boceto 6



Fuente: Elaboración propia

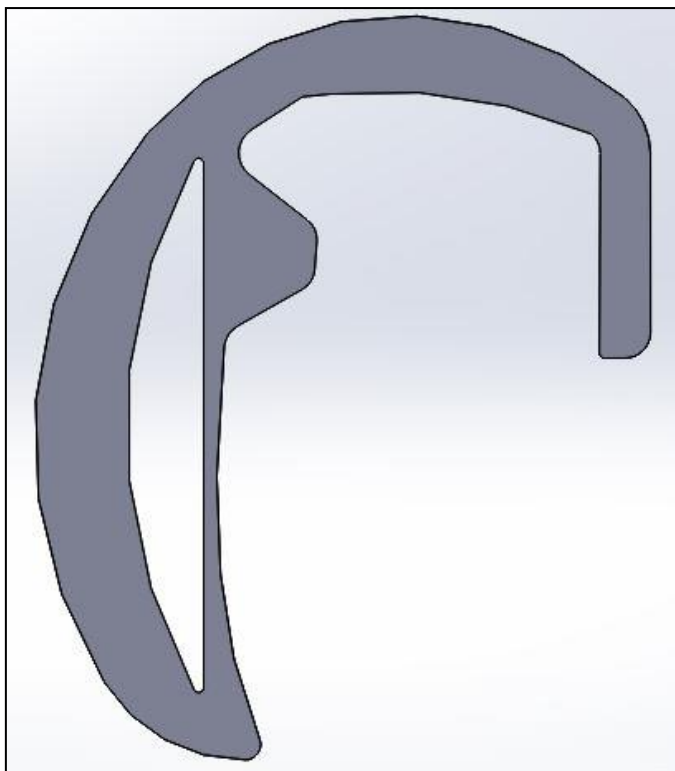
En el boceto 6 se aprecia que, además de haber eliminado material de la parte trasera-inferior, se ha contemplado que la parte frontal situada a la altura de la bionda posea un mayor grosor. Este grosor, inicialmente pensado para ayudar a proteger el impacto contra la bionda podría resultar excesivo si el material usado para su fabricación no resulta lo suficientemente flexible; por ello, en principio se diseñó una cámara hueca en la que se introdujeron diversos muelles para amortiguar el impacto con mejores resultados. Sin embargo, finalmente se decidió dejar la cámara de aire y eliminar los muelles, puesto que éstos podrían volver a impulsar el vehículo o el cuerpo a la carretera casi con la misma fuerza, y las consecuencias serían aún peores, pues se podría producir un nuevo accidente, en el que se vieran implicados otros vehículos que circularan por dicha vía en el momento del mismo.

Nuestra primera intención fue diseñar el protector utilizando algún material esponjoso o flexible que permitiera la reducción del impacto. Sin embargo, dado que en este punto solo hemos tratado aspectos formales, los detalles sobre el material se han concretado mejor en el estudio de materiales (Apartado 3.2.1.1).

3.2. Diseño final y desarrollo del producto

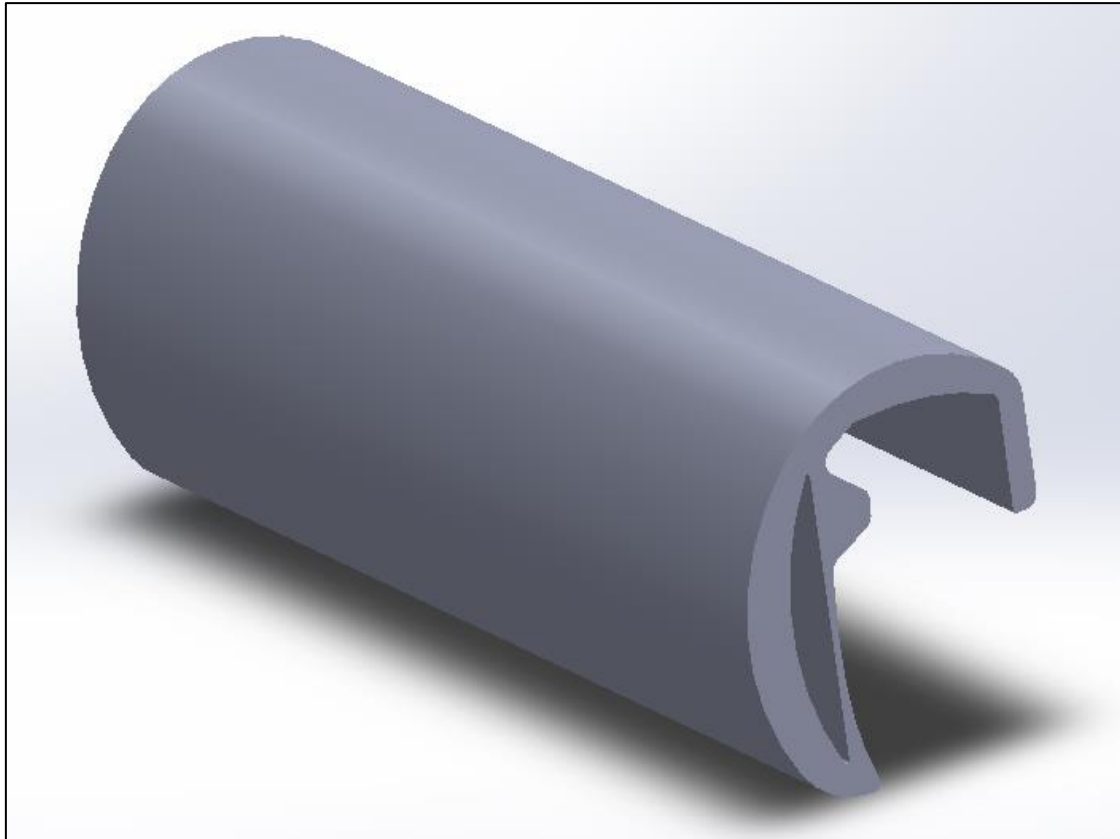
El diseño final consistió en la elaboración del modelado 3D del boceto previamente seleccionado, para lo cual utilizamos el programa informático de diseño asistido por ordenadora *SolidWorks* 2016. Primero realizamos el modelado del guardarraíl convencional, puesto que el protector debe adaptarse completamente a éste, razón por la que utilizamos las medidas estándar del mismo. Estas medidas fueron conseguidas a raíz de un catálogo de Hiasa (6) en el apartado de barreras metálicas españolas según la norma UNE, dicho catálogo pertenece al Grupo Gonvarri (principal transformador español de productos siderúrgicos), y a través de la aplicación del cuestionario (Anexo II). Una vez conseguido el modelado del guardarraíl convencional, se realizó el diseño y parametrizado del protector siguiendo la forma preestablecida en el apartado de bocetaje y adaptándolo directamente al guardarraíl. La realización de un diseño parametrizado permitirá que el protector pueda adaptarse a todos los tipos de guardarraíles que existen modificando el dibujo paramétrico a través del software *SolidWorks*. A continuación, se muestran algunas imágenes sobre dicho resultado:

Fig. 35: Vista en perfil del protector.



Fuente: Elaboración propia

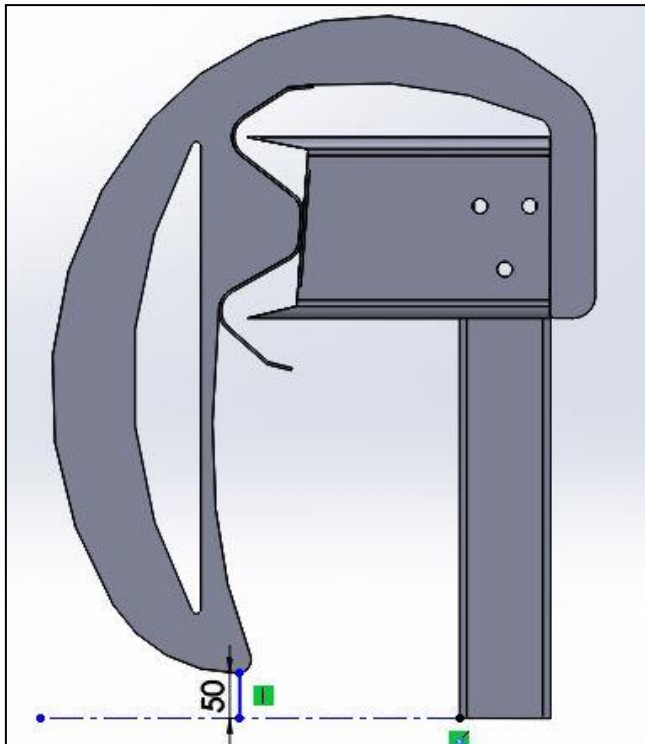
Fig. 36: Vista en perspectiva del protector.



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 37, el protector no llega hasta el suelo para permitir la evacuación del agua y los residuos, tal como nos recomendó un profesional de la topografía. La distancia que hemos fijado entre la parte inferior del protector y el suelo es de 50 milímetros, medida que permite una perfecta evacuación, según la información extraída gracias a la aplicación del cuestionario (Anexo II) a un profesional de la unidad de conservación de carreteras de Zafra. Aunque este profesional también nos informó de que en algunos casos ni siquiera es necesario dejar hueco porque existen unos bordillos de hormigón que redirigen el agua a ciertos puntos de evacuación, decidimos incluirlo para facilitar que el dispositivo pueda ser implantado en cualquier vía, con independencia de que la misma disponga o no de dichos bordillos de hormigón. Finalmente, en cuanto a la evacuación de basura, hay que tener en cuenta que la red de carreteras españolas dispone de un servicio de limpieza de carreteras, por lo que no sería necesario incrementar dicha distancia.

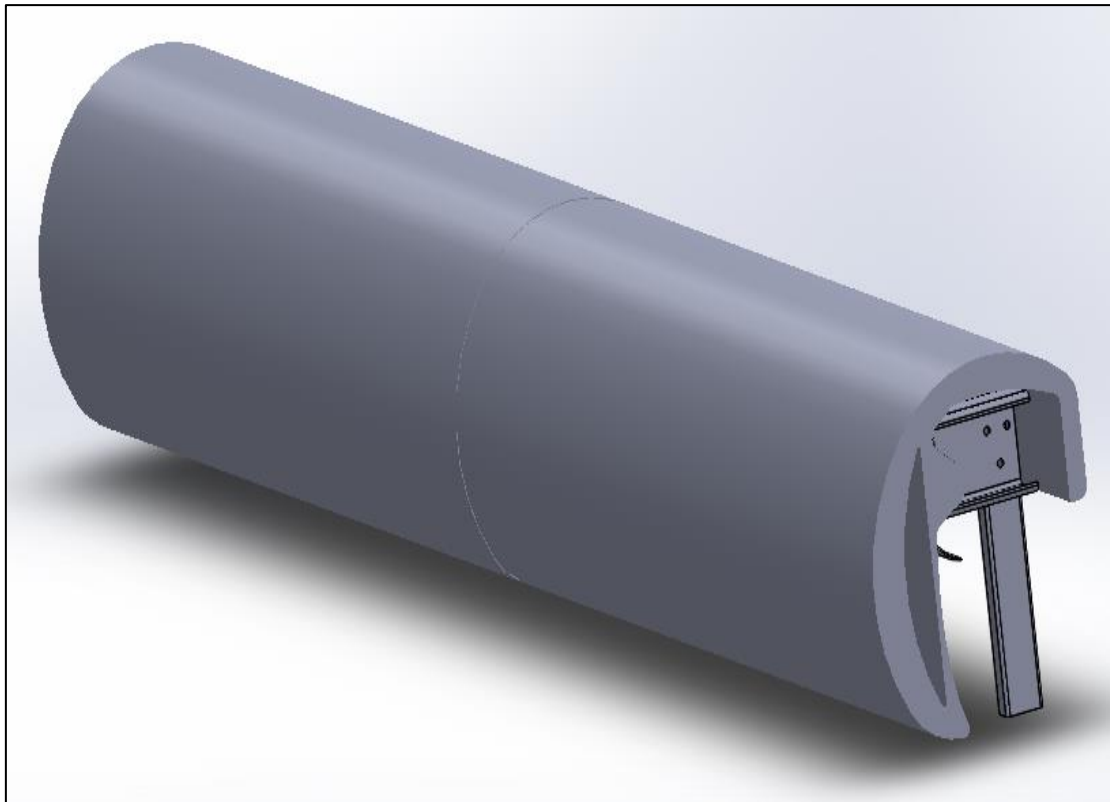
Fig.37: Ensamblaje en perfil del protector y el guardarraíl.



Fuente: Elaboración propia

Finalmente decidimos realizar un solo modelo de protector, adaptable a todos los modelos de guardarraíl existente gracias a su diseño paramétrico. El modelo diseñado se adapta perfectamente al guardarraíl simple teniendo en cuenta sus medidas standard, entre ellas, la altura (distancia entre la parte superior de la bionda y el suelo) de 700 milímetros. El problema que expone el responsable de la empresa de conservación de carreteras es que se puede observar a simple vista que esta medida es inferior en algunas carreteras y esto se debe a que, tras reforzar el firme con una nueva capa de alquitrán, en algunos tramos ni los guardarraíles ni las señales se han vuelto a colocar a su altura normal por problemas de tiempo y costes. Por ello, la solución que se propone para la instalación del protector en dichos tramos son dos: (a) la recolocación del guardarraíl a la altura convenida para posteriormente colocar el protector; o (b) la adaptación por un operario, quien habrá de cortar el protector en el momento de la instalación para adaptarlo al guardarraíl y mantener la distancia de 50 milímetros entre la parte inferior del protector y el suelo, teniendo en cuenta que el material del que será fabricado el protector permite dicha solución. Por lo tanto, finalmente tendremos un modelo de protector para el guardarraíl simple diseñado de manera paramétrica que permitirá su rediseño para adaptarlo a todos los modelos de guardarraíl que existen.

Fig. 38: Ensamblaje en perspectiva del protector y el guardarraíl.



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la longitud del protector, como se puede visualizar en la figura 38, para cada tramo de bionda irán colocados dos protectores, de manera que se facilite el transporte del protector por parte del operario de mantenimiento de carreteras cuando vaya a realizar la sustitución de un protector al producirse un accidente. Además, en caso de que algún vehículo impacte con el protector y éste se deteriore, la pieza a sustituir será más pequeña y, por tanto, de un coste menor. Por ello, se le ha dado una longitud de 2200 milímetros, medida que permitirá que el dispositivo pueda ser transportado tanto en un camión como en la baka de una furgoneta. Por otro lado, se ha establecido esta longitud, porque en nuestra opinión, si la reducimos, el dispositivo podría ser menos estable y perder propiedades, disminuyendo la efectividad de su función. Además, se le han dado unos milímetros más de longitud al protector, de forma que, si colocamos dos protectores sobre la bionda, salga un poco por cada lado, para que la junta entre protectores nunca se encuentre justo en la junta de las biondas o en los postes, ya que precisamente estas zonas, las juntas, las más críticas y aquellas en las que el protector ofrece menos resistencia.

3.2.1. Materiales y procesos de fabricación

3.2.1.1. Estudio de materiales

En el presente apartado estudiamos y comparamos diversos materiales con el objetivo de seleccionar aquel que nos permita satisfacer todos los requisitos de diseño. Para llevar a cabo dicho estudio comparativo, hemos seguido un proceso que consta de las siguientes fases:

- **Primera fase.** Búsqueda de materiales en el software CES EDUPACK 2013, comercializado por la compañía Granta Design Limited, dedicada al suministro de información sobre materiales. CES EUPACK 2013 incluye una amplia base de datos sobre materiales y procesos de fabricación.
- **Segunda fase.** Búsqueda de un conjunto de materiales que nos permita cumplir con las restricciones de fabricación establecidas en el apartado más adelante, para lo cual utilizamos también CES EDUPACK 2013 dado que, además de la base de datos utilizada en la fase anterior, dispone de diversas herramientas para crear gráficos comparativos, a partir de una serie de restricciones (atributos o propiedades límite que deben cumplir los materiales).
- **Tercera fase.** Análisis de los materiales utilizados actualmente en la fabricación de sistemas laterales de contención vial como los guardarraíles y algunos de los protectores nombrados en el apartado 1.3.1 del capítulo 1.1. Este análisis sirve para comparar con los resultados de CES EDUPACK 2013 y, por consiguiente, como apoyo a la toma de decisiones que habrá que afrontar.
- **Cuarta fase.** Comparación de los materiales obtenidos en las fases anteriores y elección de al menos dos materiales que serán comparados en el estudio de sostenibilidad para obtener el material más adecuado.

Pasaremos a establecer las consideraciones oportunas (restricciones y objetivos). En primer lugar, se establecen las restricciones de diseño que serán utilizadas para la búsqueda de los materiales más adecuados en el software CES EDUPACK atendiendo a los requisitos de diseño establecidos en el apartado 1.4 del capítulo 1.1.

Para establecer estas restricciones, según los objetivos de calidad y seguridad que se deben cumplir en el diseño, uno de los parámetros a tener en cuenta es el denominado *coeficiente de restitución* (CR). Dicho coeficiente mide la elasticidad de un choque entre dos partículas, en este caso, entre el vehículo o la persona y el guardarraíl. Este coeficiente representa la relación entre la velocidad relativa después del choque y la velocidad relativa antes del choque⁶:

$$C_R = - \frac{V_{1f} - V_{2f}}{V_{1i} - V_{2i}}$$

siendo V_i y V_f la velocidad inicial y final de los cuerpos, respectivamente.

Si el resultado de la fórmula anterior es igual a 0, el choque es plástico (se pierde energía cinética y los cuerpos quedan unidos tras el choque). Si está entre 0 y 1 se trata de un choque inelástico (parte de la energía se pierde durante el choque). Si es mayor que 1 se produce un choque perfectamente elástico (se conserva la energía cinética total después del choque).

Varios expertos en Física, Ingeniería de materiales e Ingeniería mecánica (Doctor Enrique Abad Jarillo, Doctora Mara Olivares Martín y Profesor Alonso Candelario Pérez) nos han manifestado la gran dificultad de realizar un ensayo que nos permita obtener los datos necesarios para calcular el coeficiente de restitución. Ante esta imposibilidad, hemos buscado propiedades alternativas que estén relacionadas con dicho coeficiente. En particular, y con ayuda de la Doctora Mara Olivares Marín, hemos encontrado que el coeficiente de restitución está relacionado con la resiliencia de los materiales, siendo ésta la capacidad de un material de absorber energía elástica cuando se aplica una fuerza sobre éste y cederla cuando se deja de aplicar dicha fuerza. La resiliencia se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$U_r = \int_0^{\varepsilon_y} \sigma d\varepsilon \approx \frac{\sigma_y \varepsilon_y}{2} = \frac{\sigma_y^2}{2E}$$

siendo:

σ_y : límite elástico

E: módulo de Young⁷

ε : deformación unitaria

⁶ Ferreira da Silva, M.F. (2008). Choque inelástico entre dos partículas: análisis basado en el coeficiente de restitución, *Revista Mexicana de Física*, E. 54, 65-74.

⁷ Módulo de Young: propiedad de un material que define su comportamiento elástico cuando se aplica una fuerza. Cuanto mayor sea, menor capacidad de deformación.

En resumen, la resiliencia es la propiedad de un material que le permite recuperar su forma o posición original después de haber sido sometido a una fuerza de doblado, estiramiento o compresión (34). Por ello, si un material tiene elevada resiliencia (coeficiente de restitución > 1) se podrá deformar mucho cuando se aplique una carga, pero una vez cese podrá recuperar su forma inicial sin deformación plástica, mientras que si se trata de un material poco resiliente (coeficiente de restitución < 1) no se podrá deformar cuando se aplique una carga. Además, con esta fórmula se puede comprobar que un material resiliente debería tener el límite elástico alto y un módulo elástico bajo.

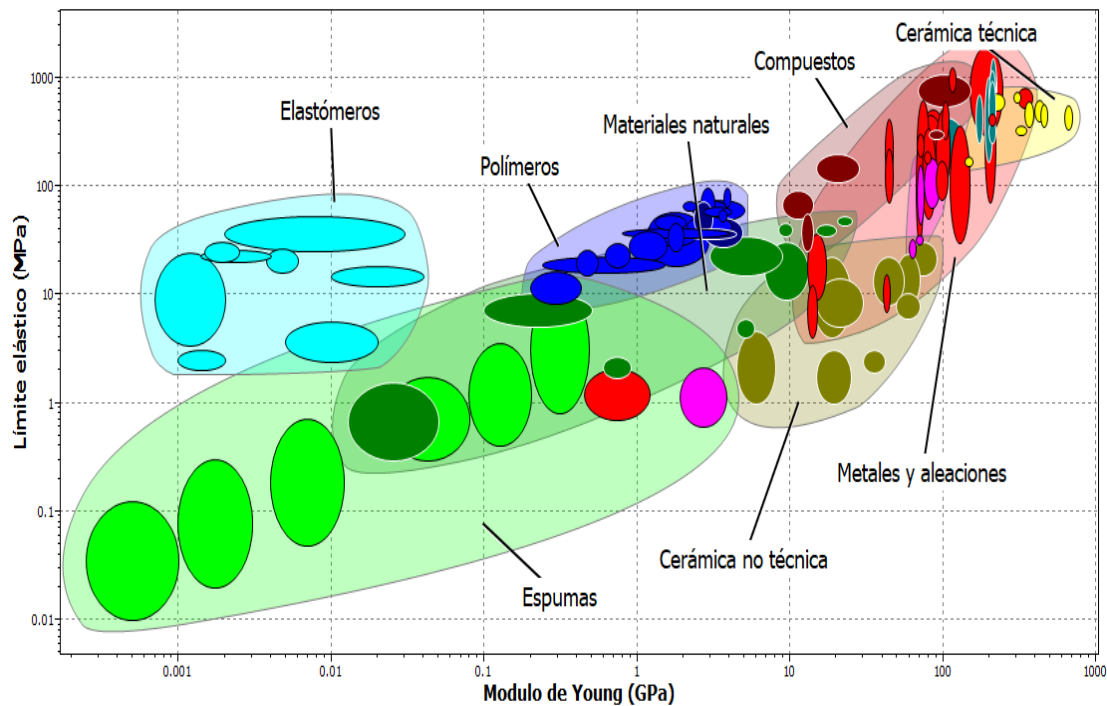
En nuestro caso particular, una resiliencia demasiada alta podría devolver al vehículo o la persona que impactara con el guardarraíl con mucha fuerza hacia la carretera, provocando mayores consecuencias; mientras que una resiliencia demasiado baja provocaría que el protector se rompiera con el impacto. Por ello, lo más apropiado sería que el material utilizado en la fabricación del protector tenga una resiliencia intermedia. Teniendo esto en cuenta, las restricciones establecidas para la búsqueda y posterior selección del material en CES EDUPACK son las siguientes:

- Resiliencia intermedia: materiales con valores intermedios de $\frac{\sigma_y^2}{2E}$
- Alta tenacidad para que el protector no se fracture con el impacto, por ello la tenacidad a la fractura (K_{IC}) deberá ser mayor a 1 Mega Pascal por metro elevado a 0,5 ($\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$): $K_{IC} > 1 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$.
- Resistencia a la fatiga por viento, impacto de piedras u otros objetos. Resistencia a la fatiga a 10^7 ciclos $> 10 \text{ MPa}$.
- Temperaturas máximas y mínimas: $T_{\text{max}} > 40 \text{ }^\circ\text{C}$ y $T_{\text{min}} < 0 \text{ }^\circ\text{C}$
- Reciclable porque queremos el menor impacto medio ambiental posible y es un producto que deberá ser sustituible en caso de accidente.
- Moldeables: moldeabilidad > 4 (en una escala de Likert de 5 puntos), puesto que necesitamos que sean fácilmente moldeables dado el diseño realizado.
- Buena y excelente resistencia a la radiación Ultra Violeta (UV), pues es un material que va a estar expuesto continuamente a ella.

Una vez establecidas las restricciones, comparamos los materiales que cumplían dichas restricciones para la selección final del material, con el objetivo tanto de maximizar la resistencia del material a los agentes meteorológicos (radiación UV, oxidación, agua, etc.), como de minimizar los costes, y maximizar la tenacidad a la fractura.

Para realizar el análisis y estudio de los materiales, en primer lugar, realizamos un filtrado de materiales introduciendo las restricciones de diseño ya establecidas. Para ello, inicialmente comparamos todos los materiales mediante los valores de límite elástico y módulo de Young para seleccionar las familias de materiales con valores intermedios del cociente $\frac{\sigma_y}{E}$ (ver figura 39).

Fig. 39: Relación del límite elástico con el módulo de Young.



Fuente: Elaboración propia en CES EDUPACK.

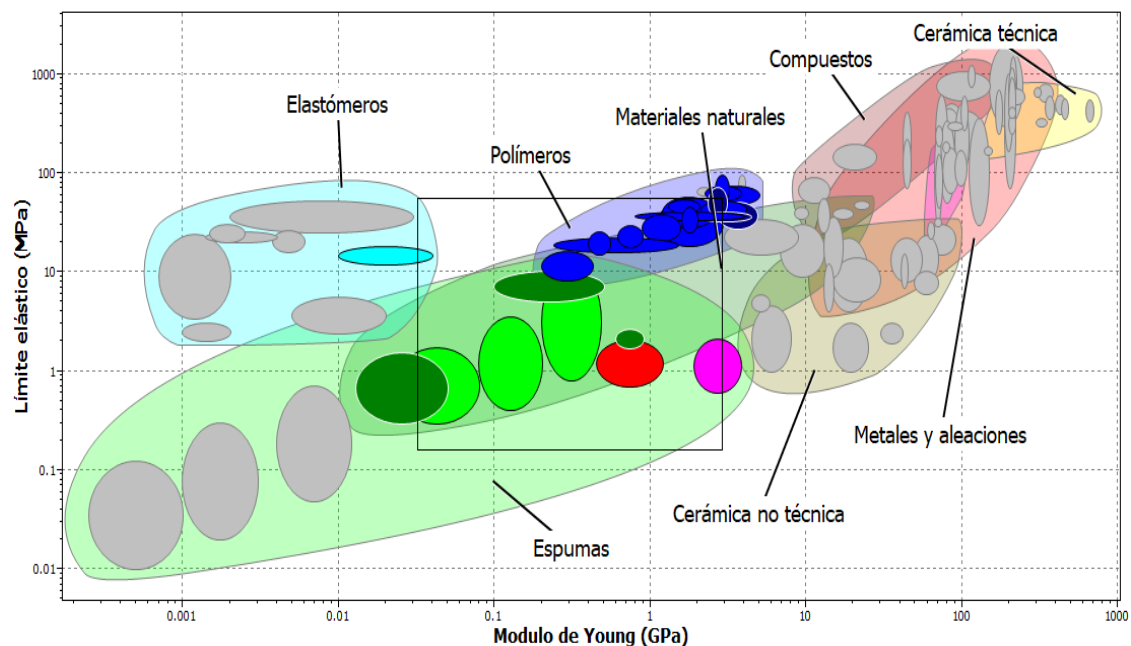
En la figura 39 se pueden observar formas circulares de distintos tamaños y colores, que representan los diferentes materiales. Las formas más grandes, que son semitransparentes, son las familias de materiales que contienen a los materiales (formas circulares más pequeñas de color sólido), clasificándose de la siguiente forma:

- Los azules claros se corresponden con los materiales que pertenecen a la familia de elastómeros.
- Los azules oscuros son materiales pertenecientes a la familia de los polímeros.

- Los verdes claros se corresponden a las espumas.
- Los verdes oscuros son materiales que pertenecen a la familia de materiales naturales.
- Los marrones son materiales de la familia cerámica no técnica.
- Los amarillos incluyen a los materiales de la familia de la cerámica técnica.
- Los rojos oscuros se corresponden con los compuestos.
- Los rojos claros con metales y aleaciones.
- Los rosas pertenecen a materiales de la familia de los vidrios.

Al tomar solo valores intermedios para conseguir una resiliencia adecuada para nuestro objetivo, se redujo la cantidad de materiales que cumplían dichos requisitos (tal ver figura 40). De hecho, sólo tres familias de materiales permanecieron dentro de la región de valores intermedios: polímeros, espumas y materiales naturales.

Fig. 40: Materiales que presentan una resiliencia intermedia.



Fuente: Elaboración propia en CES EDUPACK.

Según los resultados obtenidos en la gráfica anterior, del total de materiales que recoge la base de datos de CES, los materiales que están en el rectángulo representado en la gráfica de la figura 40 disminuyen de 3918 a 546, cantidad demasiado elevada para poder comparar y elegir el material adecuado. Para ello, el siguiente paso consiste en establecer unos límites atendiendo a las restricciones de diseño (ver tabla 9).

Tabla 9: Resultados de la segunda fase.

RESTRICCIONES	MATERIALES QUE CUMPLEN
$K_{Ic} < 1\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$	266/3918
Resistencia a la fatiga $> 10\text{MPa}$	181/3918
$T_{\text{max}} > 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $T_{\text{min}} < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	181/3918
Reciclable	154/3918
Moldeabilidad > 4	154/3918
Resistencia a los rayos UV: buena y excelente	28/3918

Fuente: Elaboración propia.

De los 546 materiales iniciales, sólo 28 cumplen las restricciones de diseño, y será estos los que compararemos para elegir el/los que mejor se adecúe a los objetivos de nuestro proyecto. Para llevar a cabo esta comparación, hemos elaborado una gráfica en la que representamos el precio frente a la tenacidad a la factura y seleccionado aquellos materiales que minimizan el precio y maximizan la tenacidad a la factura (ver gráfica de la figura 41): el acrilonitrilo estireno acrilato (ASA), el acrilonitrilo estireno acrilato con policarbonato (ASA/PC), el acrilonitrilo estireno acrilato con policloruro de vinilo (ASA/PVC), el polietileno (PE UHMW) y el tereftalato de polietileno (PET).

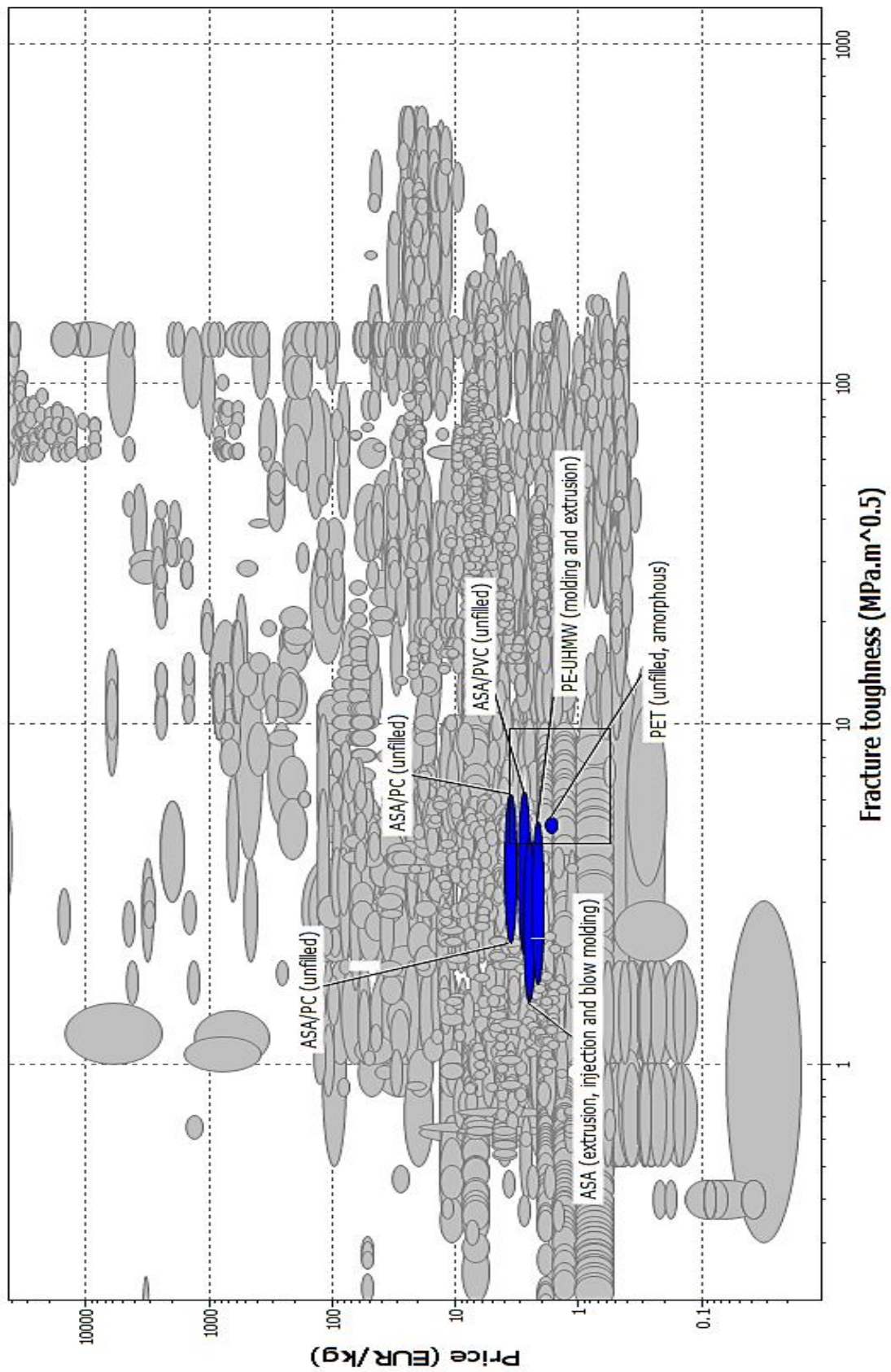
Una vez realizado el estudio en CES EDUPACK, analizamos los materiales de que están fabricados los principales sistemas de protección en carretera para evaluar y comparar los resultados obtenidos en CES con la realidad:

- Tanto los guardarraíles, como el sistema SPM, están fabricados de algún metal (por ejemplo, acero o aluminio), generalmente de una aleación de metales, cuyo componente principal es el acero. Este material proporciona al guardarraíl la rigidez y durabilidad necesarias para cumplir su finalidad. Sin embargo, para nuestros objetivos, este material sería demasiado rígido, pues si un cuerpo impacta con dicho elemento a cierta velocidad puede sufrir graves consecuencias porque podría actuar como una guillotina.

- Las protecciones para los postes de los guardarrailes suelen estar fabricadas de algún tipo de plástico duro. Este plástico es un material menos rígido que el metal, sin embargo, sigue presentando demasiada dureza frente al impacto de un cuerpo y, aunque las consecuencias no serían tan graves dado que ayudarían a minimizar los cortes y amputaciones que puede provocar el metal, también provocaría grandes heridas en el cuerpo de una persona porque la dureza del material no atenúa la velocidad del impacto.
- El sistema SPM-Basic está fabricado con una malla de tejido elástico compuesta de hilos trenzados que proporcionan una elevada resistencia y reducen la energía del golpe. Para conseguir nuestros objetivos, sólo sería viable la utilización de este material para proteger el hueco inferior del guardarraíl, sin embargo, no sería viable para proteger el cuerpo de una persona en caso de impacto con la zona de la bionda.

Por lo tanto, es necesario analizar otros materiales que ayuden a disminuir las consecuencias en caso de accidente. Para ello, inicialmente decidimos analizar dos de las familias de materiales más susceptibles de utilización en este ámbito según se ha comprobado en el estudio realizado en CES EDUPACK (75): la familia de los elastómeros y la familia de las espumas. Estos materiales pueden ayudar a amortiguar el impacto de un cuerpo contra el guardarraíl, sin olvidar que sus propiedades deben ser las adecuadas en caso de que cualquier tipo de vehículo pueda circular por la vía colisione con dicho elemento.

Fig. 41: Comparación del precio frente a la tenacidad a la fractura.



Fuente: Elaboración propia en CES EDUPACK.

- Materiales elastómeros

Las principales características de los materiales elastómeros son su capacidad de volver a su posición inicial una vez se retira una tensión ejercida sobre dicho elemento y su capacidad de conformado a altas temperaturas. En particular, los materiales del tipo elastómeros termoplásticos, como el caucho, la goma o el PVC flexible, son una mezcla de plástico y caucho que al ser calentados se deforman y pueden ser moldeados. Consecuentemente los termoplásticos son muy adecuados para la fabricación mediante moldeo por inyección, un proceso de fabricación que tuvimos en mente desde un principio para el desarrollo del proyecto, dada la forma física que tiene el protector diseñado.

Por ello, inicialmente se propuso la idea de utilizar el caucho reciclado de los neumáticos. Según varias noticias en prensa, entre ellas la que se muestra en la figura 42, recogen que el reciclaje de neumáticos en España no es suficiente para dar salida a todas las ruedas que se desechan en nuestro país.

Fig. 42: Noticia de “El Confidencial Digital”.



ECD EL CONFIDENCIAL DIGITAL
La web de las personas informadas que desean estar más informadas

El Confidencial Auto

Portada | El Chivato | El Chau-Chau | Política | Medios | Defensa | Dinero | Seguridad | Casas Reales | Vivir | Opinión

Puigdemont | La Legión | Cifuentes | Guardia Civil | Cataluña

SEGURIDAD

El fuego en la frontera entre Toledo y Madrid lleva diez días activo

300.000 toneladas de neumáticos (tres Seseñas) están fuera de control en España

Los cementerios ilegales se encuentran repartidos por todo el país. La Guardia Civil advierte del riesgo de una oleada de incendios provocados este verano

Me gusta 0 | Twitter | G+ | Imprimir | Email | Facebook | LinkedIn | +

El reciclaje de neumáticos en España no da abasto para absorber todas las ruedas que se desechan en nuestro país. La mitad quedan abandonadas en cementerios ilegales con un riesgo latente: el fuego. Es el análisis que realiza la Guardia Civil, que ya ha advertido del peligro de este descontrol tras el incendio provocado en Seseña.

Fuente: El Confidencial, 2016 (76).

- Materiales de tipo plástico esponjosos

Cuando algún elemento necesita protección frente a posibles golpes (al embalar cualquier producto que va a ser transportado, por ejemplo), se suele utilizar un material de tipo esponjoso (77). Por ello hemos pensado en esta familia de materiales. Existen cuatro materiales de tipo esponjoso que pueden ser moldeables para atender al método de fabricación por moldes pensado inicialmente como el más factible para el protector que se ha diseñado. Los materiales de tipo plástico esponjosos más comunes son: el polietileno (PE), resistente a la humedad, buen amortiguador frente a impactos repetitivos y reciclable; el polipropileno (PP), también resistente a la humedad y buen amortiguador frente a impactos repetitivos; el poliestireno (PS), que presenta buena capacidad de aislamiento térmico y de amortiguación en un primer impacto; y, el poliuretano (PU), menos utilizado de forma moldeada y que se suele utilizar para amortiguar impactos suaves.

En conclusión, podemos visualizar que el análisis realizado con CES EDUPACK no anda muy lejos de la realidad, proporcionando resultados similares en cuanto a materiales plásticos. Por ello, hemos realizado una matriz comparativa (tabla 10) con los materiales seleccionados en el análisis realizado en CES EDUPACK, de manera que se establezca un “ranking” de materiales y nos permita seleccionar los mejores, teniendo en cuenta los materiales obtenidos tras la búsqueda de información.

En esta matriz se evalúan los puntos que hemos considerado más importantes tras varios meses de investigación. Para realizar la puntuación, se utilizó una escala de Likert de 1 a 5 puntos, siendo 1 la puntuación menor y 5 la puntuación mayor. De esta forma, el material o los materiales con mayor puntuación serán los seleccionados para realizar estudios posteriores que permitan la elección final del material.

Tabla 10: Matriz con ranking de materiales que mejor cumplen los requisitos.

	PROPIEDADES	SOSTENIBILIDAD	PRECIO	TOTAL
ASA	1	3	3	7
ASA/PC	2	1	1	4
ASA/PVC	3	2	2	7
PE-UHMW	5	4	4	13
PET	4	5	5	14

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, si analizamos la matriz anterior, el primer material que descartamos por tener la puntuación menor es el ASA/PC, seguidamente se descartaron los materiales ASA y ASA/PVC, habiéndose valorado ambos con una puntuación de 7 puntos. Por tanto, los materiales que obtuvieron mayor puntuación en nuestra valoración, y que finalmente seleccionamos para realizar estudios más pormenorizados de sostenibilidad (Anexo III) fueron el PE-UHMW y el PET, con 13 y 14 puntos, respectivamente.

Atendiendo al estudio de sostenibilidad presentado en el Anexo III, el material cuya fabricación resulta más sostenible es el PE. Por ello, nos decantaremos por el PE como material principal para la posible fabricación del protector, pero sin descartar el PET como material alternativo, para tener la posibilidad de elegir entre ambas alternativas.

Además, el PE es precisamente es el material utilizado en algunos tipos de bolardos instalados en las carreteras españolas (figura 43), lo cual confirma sus buenas propiedades para ser aplicado al protector que se ha diseñado. Por todo ello, a continuación analizaremos más en profundidad las posibilidades del PE para proporcionarle una estética final al protector diseñado.

Fig. 43: Bolardo de polietileno.



Fuente: SIGNUM (78).

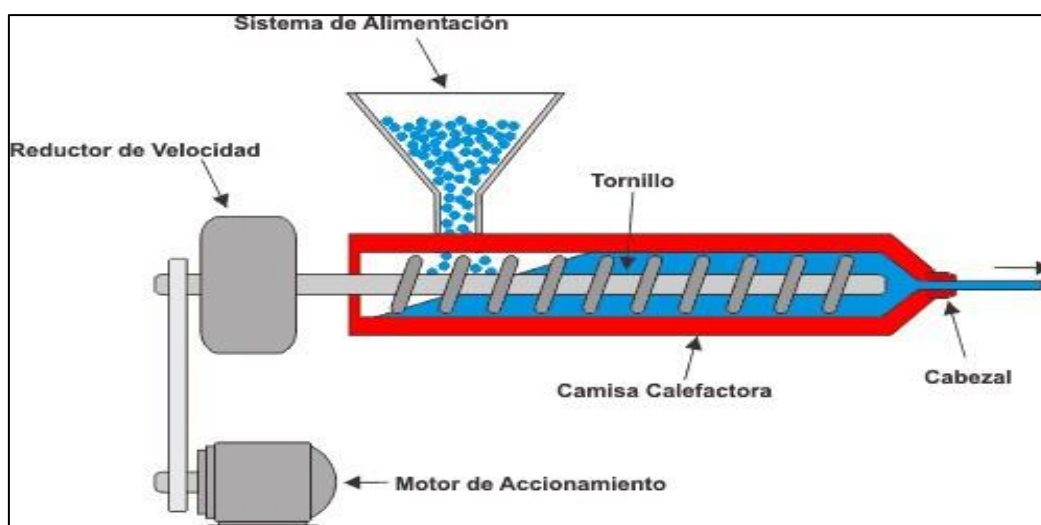
El PE-UHMW, material considerado por CES EDUPACK como uno de los que mejor se ajusta a nuestros requisitos de diseño, es un polietileno de alto peso molecular con una larga vida útil. Es un material muy resistente a la abrasión, a los impactos, al desgaste e, incluso, a los arañazos (79). Las aplicaciones más usuales de este material son: revestimiento de silos, tolvas, cajas de camiones, etc.; industria del embotellado y alimentaria; y aplicaciones en la industria médica y química (77).

Por último, nos gustaría explicar que los colores más usuales de fabricación de este material son el blanco, el negro y el verde, aunque es posible fabricarlo en más colores, si bien esto incrementa su precio. Por ello, se decidió utilizar uno de estos tres colores para reducir costes de fabricación. En concreto se eligió el color verde por varios motivos. Primero, descartamos el color blanco porque la cinta reflectante lleva también color blanco y no tendríamos contraste entre ésta y el protector. A continuación descartamos el color negro porque absorbe mayor luz y, por tanto, alcanza altas temperaturas con mayor facilidad, lo que debilitaría la resistencia del protector. Finalmente, el color verde, como se puede observar en la figura 43, ya se había utilizado en elementos de la misma familia de productos, lo cual permitiría mantener la gama cromática y la línea estética de este tipo de productos.

3.2.1.2. Proceso de fabricación

Dadas las características del protector y los dos materiales que han resultado más convenientes tras el estudio de materiales, hemos considerado que el proceso de fabricación más adecuado es el moldeo por extrusión. El moldeo por extrusión es un proceso industrial de fabricación, generalmente para materiales plásticos, que permite obtener productos acabados, mediante flujo continuo con presión y empuje, haciendo pasar el material por un molde para darle la forma deseada (80, 81) como se puede comprobar en la figura 44. El material empleado presenta un alto nivel de viscosidad de manera que se pueden obtener productos con la forma transversal deseada, como puede ser la forma de nuestro diseño.

Fig. 44: Esquema del proceso de moldeo por extrusión.



Fuente: Aristegui Maquinaria, 2017 (81).

3.2.2. Elementos auxiliares

El diseño principal del protector requiere una serie de elementos auxiliares para mejorar la protección y seguridad.

- **Protección de los extremos del guardarraíl.** En la actualidad, los guardarraíles presentan una terminación del tipo mostrado en la figura 45. Sin embargo, nuestro protector no se adaptará a dicha terminación, sino que en su lugar se colocará alguno de los tipos de chapa curvada de terminación existentes (ver figura 46), de manera que proporcionen resistencia al protector auxiliar diseñado. El protector auxiliar diseñado consiste en una especie de codo (figura 47) que se adaptará al protector principal de manera que el guardarraíl quede totalmente protegido (ver figura 48).

Fig. 45: Terminación guardarraíl simple (N-360, a la altura de Monesterio).



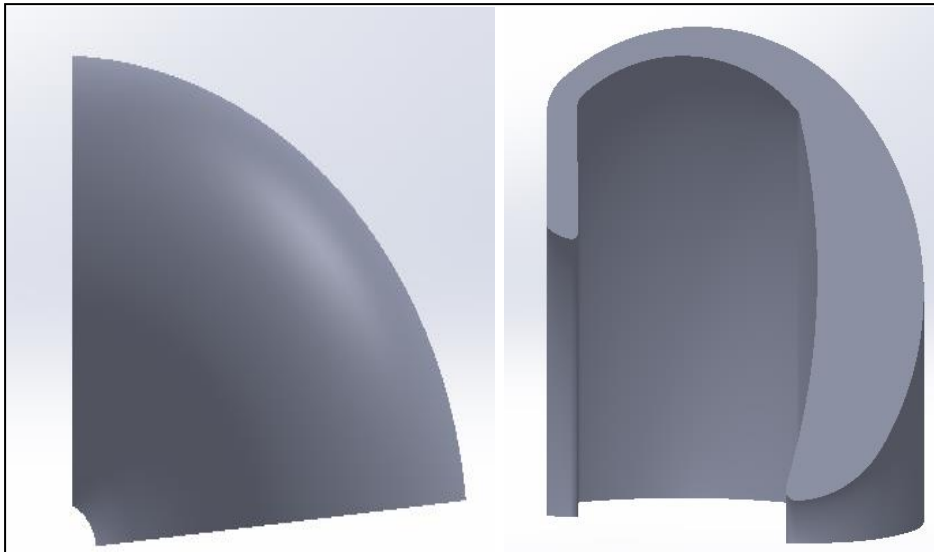
Fuente: Foto tomada por la autora, 2018.

Fig. 46: Chapa de terminación del guardarraíl.



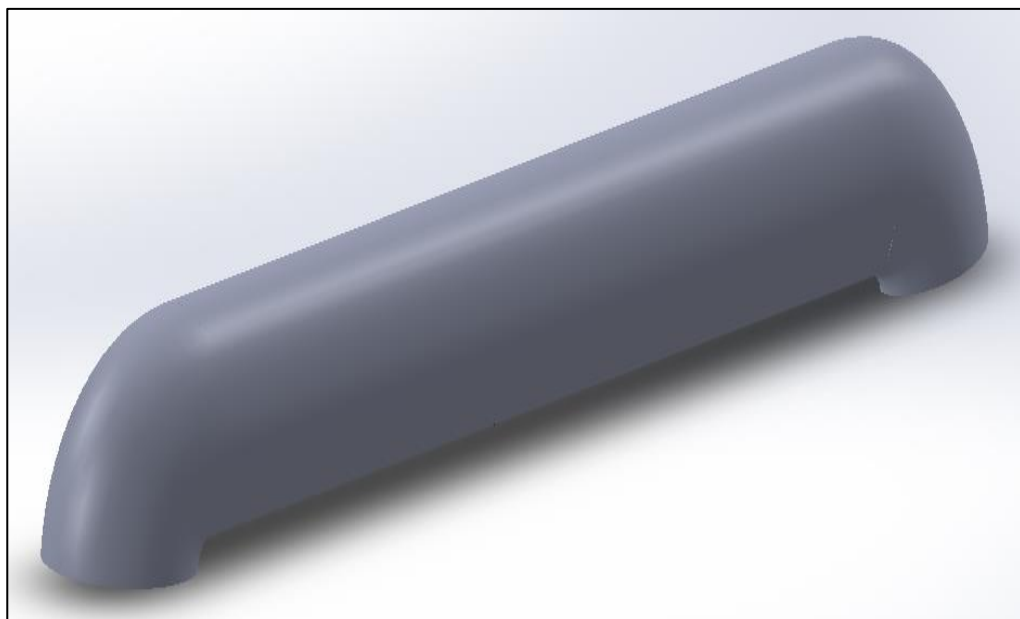
Fuente: ETW base de datos en la nube (82).

Fig. 47: Protector auxiliar.



Fuente: Elaboración propia

Fig. 48: Protector guardarraíl con auxiliar.



Fuente: Elaboración propia

- **Reflectantes.** Los reflectantes son elementos colocados en el hueco central de la bionda cada cierta distancia (figura 49), con el objetivo de ayudar al usuario a visualizar los márgenes de la carretera por la noche. Estos reflectantes brillan cuando la luz del vehículo incide sobre ellos de manera que los conductores visualizan perfectamente el recorrido del guardarraíl y, por lo tanto, el recorrido de la carretera.

Fig. 49: Reflectante guardarraíl.



Fuente: Tong'an (83).

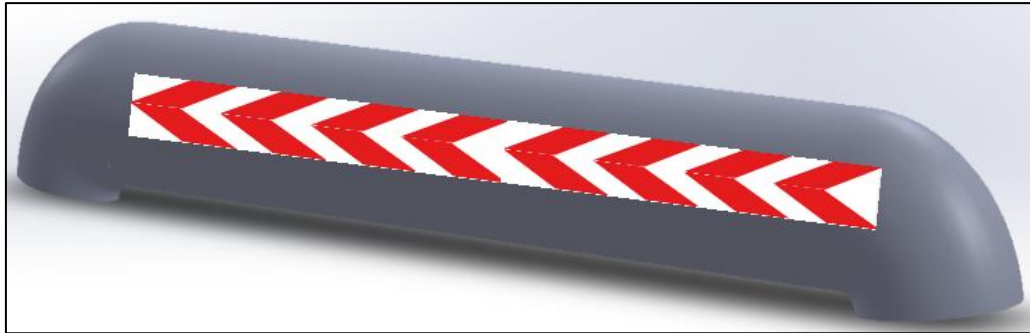
Las características de nuestro diseño impiden, sin embargo, la instalación de este tipo de reflectante, razón por la que resultó necesario recurrir a otro tipo de reflectante. En concreto se decidió utilizar los vinilos reflectantes que utilizan los vehículos de conservación de carreteras (ver figura 50), dado que, al tratarse de un producto ya existente en el mercado, nos permitiría minimizar costes. Este tipo de reflectante consiste en una lámina de vinilo adhesivo reflectante (84) e irá pegado en la zona más saliente del protector (ver figura 51).

Fig. 50: Vinilo reflectante.



Fuente: Vinilorefectante.com (84).

Fig. 51: Vinilo reflectante incorporado a nuestro protector.



Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Diseño final

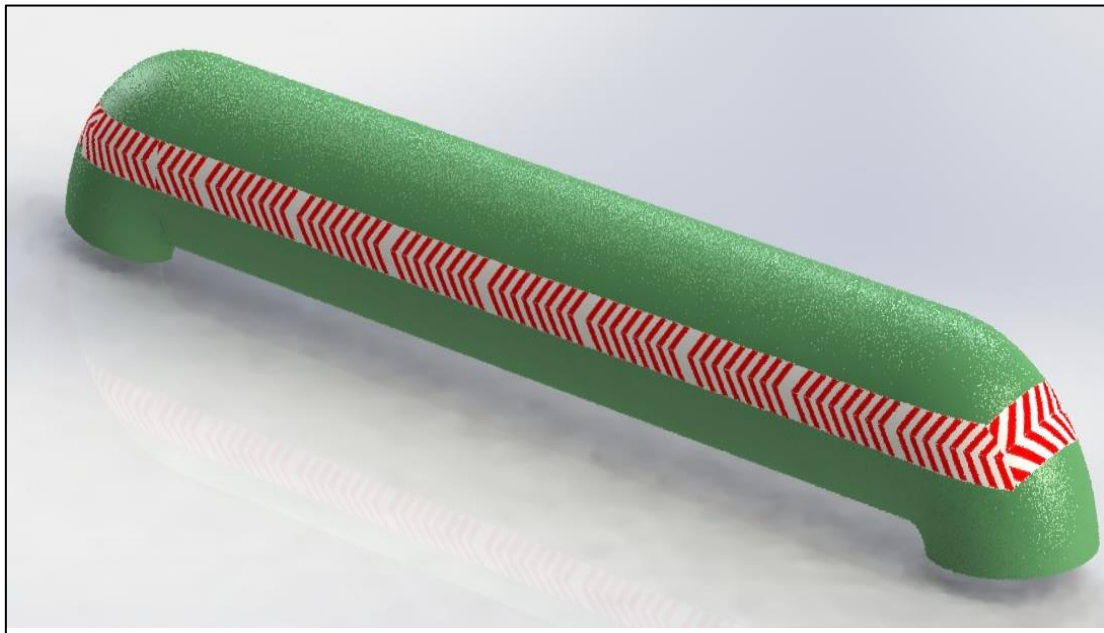
Si hacemos un recorrido por los apartados anteriores podemos hacer una definición final del protector diseñado con sus especificaciones en forma y acabado visual.

- **Forma.** La forma en la que se ha diseñado el protector es importante porque permite, por un lado, la fácil adaptación al guardarraíl, al que se fijará en algunos puntos mediante tornillos para aportar una mayor sujeción en caso de impacto; y por otro, una mejor amortiguación en caso de que el cuerpo de un motorista o ciclista impacte contra éste, evitando los daños que podría causar dicho impacto contra el guardarraíl directamente. Otro aspecto a tener en cuenta es la forma que se le ha dado al elemento protector auxiliar diseñado (figura 47), el cual, disminuirá sustancialmente las consecuencias en caso de que un motorista o ciclista impacte con dicha zona del guardarraíl. Finalmente, otro aspecto a resaltar del diseño realizado es que tanto su forma como su anchura resultan apropiados para evitar que un cuerpo pueda pasar por el hueco inferior del guardarraíl, pero dejando un hueco adecuado para la evacuación de agua, dado que para la recogida de basura ya se cuenta con un servicio de limpieza de carreteras.
- **Acabado.** En cuanto al acabado final del protector diseñado cabe resaltar dos aspectos fundamentales. Por un lado, tenemos el elemento reflectante del que ya se ha hablado en el apartado anterior, el cual sustituye a los reflectantes colocados actualmente en las biondas de los guardarraíles con la función de facilitar la visualización de los límites de la calzada a los usuarios. Por otro lado, cabe destacar que la apariencia final del protector, proporcionada por el color

verde del polietileno como material de fabricación, se ajusta a la gama cromática de otros elementos habitualmente usados en carreteras, lo cual permite mantener la línea estética.

A continuación se muestran dos imágenes (figuras 52 y 53) del diseño final en las que se pueden visualizar todos estos aspectos de los que hablamos:

Fig. 52: Aspecto final del protector diseñado.



Fuente: Elaboración propia.

Fig. 53: Protector colocado en el entorno.



Fuente: Elaboración propia.

3.2.4. Dispositivo de seguridad

En este apartado vamos a comentar de manera conceptual una idea innovadora susceptible de añadir al protector diseñado como elemento auxiliar, que no se ha incorporado al producto aquí presentado por considerar que ya se habían cubierto las 300 horas de trabajo del estudiante. La planteamos aquí, sin embargo, para dejarla abierta como una futura línea de investigación o mejora del producto que aquí se presenta. En concreto, y tratando de que el dispositivo que se ha diseñado no sólo contribuya a mejorar la protección de motoristas y ciclistas, se ha pensado en incorporar a protector un dispositivo de seguridad, de manera que pueda servir para todo tipo de vehículo que circule por la vía. Este dispositivo tendría como principal objetivo o utilidad la realización de una llamada de emergencia en caso de que, tanto una persona como un vehículo impacten con el protector diseñado. Para ello la idea consistiría en incorporar unos sensores en el interior del protector, de manera que se activen cuando se produzca un impacto con cierta fuerza, como suele suceder en caso de accidente. Es decir, este dispositivo no se activará con cualquier choque como, por ejemplo, el de un pájara u otro animal para evitar falsas alarmas. De esta forma, y de manera automática, el dispositivo emitiría una llamada de emergencia cuando se presionara con cierta fuerza, alertando a las autoridades, quienes podrían visualizar la situación a través de las cámaras de vigilancia ya instaladas en las carretas para actuar más rápido, o avisar al servicio de emergencia para que pueda acudir al punto kilométrico del accidente de forma mucho más rápida, contribuyendo a salvar muchas más vidas o disminuyendo la gravedad del daño gracias a la rápida intervención de los servicios sanitarios.

En concreto el dispositivo en el que habíamos pensado consistiría en un sistema electrónico controlado por herramientas del tipo Raspberry o Arduino, acompañado de ciertos elementos como: el sensor que captaría el golpe y accionaría la alarma; leds para iluminar la zona donde se produzca el accidente, evitando mayores consecuencias, sobre todo por la noche; el sistema de alimentación de energía para el dispositivo, que podría ser mediante energía solar (como en algunos carteles luminosos ya instalados en muchas carreteras); y algunos otros elementos que no se especifican dado el nivel de análisis y estudio necesario para ello. Este elemento supondría una importante innovación destinada a la seguridad, pero también presenta una gran ventaja respecto a costes, y es que todos los sistemas contruidos con este tipo de dispositivo electrónico (Raspberry o Arduino) no suponen grandes costes, y sin embargo contribuirían a salvar muchas vidas.

Este es un campo muy amplio para investigar y profundizar hasta conseguir definir completamente este dispositivo, por lo que queda abierto a futuras líneas de investigación en un posible doctorado.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y CONCLUSIONES

4.1. Síntesis del proyecto

En este apartado se realizará de manera general un resumen del trabajo desarrollado en el presente proyecto, analizando además las ventajas e inconvenientes del producto diseñado y verificando el cumplimiento o no de los objetivos y los requisitos de diseño.

A modo de resumen, el protector diseñado contiene diversas características que lo hacen ideal para dar respuesta al objetivo general con el que nació este proyecto. En primer lugar, se ha diseñado y propuesto un dispositivo cuya forma y material seleccionado para su fabricación ayudan a mitigar el impacto del cuerpo de un motorista o un ciclista contra el guardarraíl en caso de accidente. Además, gracias a que dicho dispositivo se puede adaptar a un sistema de contención perimetral, el diseño ya cuenta con una estructura rígida que proporciona la estabilidad y resistencia adecuadas, lo que permite la utilización de un material más flexible que evite grandes consecuencias a motoristas y ciclistas en caso de impacto de sus cuerpos contra dichos sistemas. Por otro lado, la forma proporcionada al diseño ha sido ideada de manera que permita su fácil y total adaptación al guardarraíl simple. Por lo tanto, este producto está destinado a ser utilizado como elemento auxiliar en el campo de los sistemas de seguridad vial, de manera que permita mitigar las consecuencias del impacto de un cuerpo con el guardarraíl, sin necesidad de sustituir éstos y evitando, por tanto, grandes inversiones. Además, a pesar de que hemos desarrollado un diseño que se adapta al guardarraíl simple, este producto podrá ser adaptado a cualquier modelo de contención perimetral, gracias a que se ha realizado un diseño paramétrico. Este hecho implica que de manera muy sencilla se podrá rediseñar el producto utilizando la herramienta *SolidWorks*, adaptándolo a cualquier modelo de barrera como puede ser el guardarraíl de doble bionda, por ejemplo.

4.2. Análisis DAFO

El análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) es una metodología que ayuda a estudiar la situación de una empresa o proyecto mediante el análisis de sus características tanto internas (Debilidades y Fortalezas), como externas (Amenazas y Oportunidades) (85).

El análisis interno consiste, en este caso en analizar los aspectos internos del producto diseñado, realizando una especie de autoevaluación donde se identifiquen tanto los puntos fuertes como los puntos débiles del producto. Dentro del análisis interno, las debilidades son los atributos de los que carece el producto o en los que es inferior con

respecto a los de la competencia y, por tanto, susceptible de mejora. Las fortalezas son los atributos con los que sí cuenta el producto de manera que consiga una ventaja competitiva con respecto a productos de la competencia (86).

El análisis externo se refiere a los factores que no se encuentran directamente relacionados con el producto, sino con el comportamiento del entorno (clientes, consumidores, competencia, etc.) y permite detectar tanto las oportunidades que el entorno brinda a la empresa, como las amenazas a las que ésta habrá de enfrentarse. Es decir, las oportunidades son aspectos del entorno que representan una ocasión de mejora para el producto; mientras que las amenazas, son factores del entorno que pueden suponer un peligro para la supervivencia del producto en el mercado (86).

Una vez dada esta breve introducción acerca del análisis DAFO, a continuación se muestra la matriz DAFO del producto desarrollado en el presente proyecto (tabla 11).

- Análisis interno

Respecto a las fortalezas que encontramos en el producto diseñado cabe destacar que, dadas sus características, el producto diseñado permite proteger el guardarraíl completamente evitando que un motorista o ciclista pueda impactar con los bordes cortantes, la bionda o el poste del mismo; y evitando, igualmente, que un cuerpo pueda pasar por el hueco inferior y caer por un desnivel. Además, el material seleccionado permite una buena mitigación del impacto, tanto en caso de accidentes de vehículos de dos ruedas como como en caso de accidentes con vehículos de cuatro o más ruedas. Una segunda fortaleza del producto o dispositivo propuesto es su adaptabilidad a los sistemas de contención ya existentes (i.e., guardarraíles). Dicha adaptabilidad facilitará su instalación y permitirá la reducción de costes, promocionando la sustitución de los mismos.

En cuanto a debilidades, no son muchas las que se puedan encontrar en este producto, si bien el material del protector puede ocasionar alguna. Es decir, el material utilizado para la fabricación del diseño propuesto es adecuado para mitigar los golpes que pueda recibir un cuerpo en caso de impacto, sin embargo, es un material menos duradero que el acero empleado en el guardarraíl en lo que a impactos de vehículos de cuatro o más ruedas respecta. Este aspecto, a su vez, puede derivar en a debilidad, que es el mayor coste de mantenimiento, si bien esta debilidad no supone un gran problema si se tiene en cuenta, por un lado, que el coste del protector puede ser menor que el de otros sistemas de contención,

además, y por otro, que los tramos son más pequeños que los tramos de las biondas y la pieza a sustituir en caso de deterioro será más pequeña.

- Análisis externo

Analizando en entorno en el que se sitúa el producto diseñado, se pueden visualizar diversas oportunidades, pues puesto que existe una elevada tasa de siniestros en accidentes de motoristas y ciclistas, y la mayoría ha sido por impacto contra el guardarraíl (2). El guardarraíl, como elemento de contención perimetral, presenta diversas características que contribuyen a empeorar las consecuencias de los accidentes de tráfico que sufren motoristas y ciclistas, siendo la causa de múltiples amputaciones, al impactar el cuerpo del accidentado con los bordes cortantes o los postes de estos sistemas. Con la intención de mitigar esta situación, el gobierno central aprobó una enmienda transaccional a través de la cual se pretende la sustitución de los actuales guardarraíles antes de 2020, surgiendo aquí otra gran oportunidad. Sin embargo, para dar respuesta a esta oportunidad, no existe aún en el mercado un protector para el guardarraíl o un guardarraíl alternativo que esté totalmente protegido para motoristas y ciclistas.

Por otro lado, respecto a las amenazas cabe destacar que, aunque el gobierno central aprobó esta enmienda en noviembre de 2016, no ha actuado aún para solventar dicho problema, pues hasta el momento no han invertido grandes recursos económicos en la resolución de estos temas. A esto debemos sumarle la baja atención prestada a este tema por parte de la ciudadanía que no está directamente afectada por no circular ni en moto ni en bicicleta.

Tabla 11: Matriz DAFO del protector diseñado.

EXTERIOR	
<p><u>Oportunidades:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Elevada tasa de siniestros en accidentes de motoristas y ciclistas que han chocado contra el guardarraíl. - Aprobación de enmienda transaccional en el congreso para a sustitución de los guardarraíles. - Inexistencia de protector o guardarraíl totalmente protegido para motoristas y ciclistas. - Las debilidades de los sistemas de contención perimetral comunes (amputaciones por bordes cortantes). 	<p><u>Amenazas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ni el gobierno central ni el regional han invertido, hasta el momento, grandes recursos económicos en la resolución de estos temas. - Baja atención a la importancia de este aspecto por parte de la ciudadanía que no forma parte de los usuarios motoristas y ciclistas.
INTERIOR	
<p><u>Fortalezas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Protección total del guardarraíl (hueco inferior, bionda, poste y bordes cortantes). - Disminución de las consecuencias en motoristas y ciclistas en caso de accidente. - Ayuda a mitigar las consecuencias en caso de accidentes de vehículos de 4 o más ruedas. - Adaptabilidad a guardarraíles ya existentes disminuyendo costes. 	<p><u>Debilidades:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - El material utilizado para la fabricación del diseño es adecuado para mitigar los golpes de un cuerpo, pero es menos duradero ante impactos de vehículos de cuatro o más ruedas. - Mayor coste de mantenimiento dada la menor durabilidad ante choques de vehículos de cuatro o más ruedas.

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Solución vs objetivos

Finalmente, tras analizar en profundidad los apartados anteriores, se puede comprobar que hemos alcanzado todos los objetivos del proyecto establecidos en el apartado 1.2 del presente proyecto, atendiendo, además, a los siguientes requisitos de diseño:

- El **diseño** realizado elimina bordes cortantes y cubre todos los elementos del guardarraíl, evitando los daños que puede llegar a sufrir una persona en caso de que su cuerpo impacte contra dichos elementos. Con el diseño desarrollado se cubre, además, el hueco inferior del guardarraíl, impidiendo así tanto el impacto del cuerpo contra los postes, como la posible caída de los usuarios por terraplenes y desniveles situados tras los guardarrailes.
- Respecto a la **adaptación** exigida en los requisitos, se puede decir que el protector se adapta fácilmente al guardarraíl simple, pues se ha creado la forma a raíz de éste para facilitar su instalación.
- Los **materiales** elegidos para el protector son los ideales para permitir la amortiguación del impacto del cuerpo de una persona contra el guardarraíl, lo cual ha sido posible gracias a que se ha realizado un estudio de materiales en profundidad.
- En cuanto a **calidad y fiabilidad**, se puede decir que el protector está diseñado de tal forma que no intercede en el verdadero funcionamiento del guardarraíl. Éste sigue soportando en impacto de vehículos de cuatro o más ruedas, e incluso logra mitigar en cierta medida dicho impacto.
- La **vida útil** no será tan larga como sería deseable dadas las atribuciones que hacen al sistema ideal para proteger el guardarraíl (material plástico). Sin embargo, se ha diseñado un producto fácilmente sustituible en pequeños tramos (por cada bionda se colocan dos protectores), lo que implica reducción de costes.
- La **reciclabilidad** del protector está asegurada, dado que uno de los requisitos básicos a la hora de seleccionar el material para su fabricación ha sido el hecho de que dicho material fuera fácilmente reciclable. De esta manera se logra minimizar el impacto medioambiental a final de su vida útil.

- El **coste de fabricación** del protector es reducido dado que la fabricación mediante moldeo por extrusión es un proceso muy simple que no requiere de procesos adicionales. Además, el material seleccionado no requerirá de tratamientos posteriores para resistir en la intemperie, pues ya se ha contemplado esto en la elección del material.

Por lo tanto, de manera general, se puede decir que se han cumplido los objetivos del presente proyecto, desde el principal objetivo, que establecía el diseño de un guardarraíl o protector que permitirá disminuir el riesgo ante los accidentes de motoristas; hasta los objetivos específicos que se recogen y explican a continuación. En primer lugar, se estudiaron y analizaron los distintos parámetros que influyen en accidentes de ciclomotores, motocicletas y bicicletas, identificando las posibles mejoras y aplicándolas en el diseño de protector. A continuación se estudiaron diversos materiales y formas que ayudaran a alcanzar una solución adecuada para mejorar los sistemas de protección para motoristas. A raíz de estos estudios se generaron diferentes alternativas de diseño en la fase de bocetaje, eligiendo, posteriormente, la alternativa que mejor cumpliera con los requisitos. Y, por último, también se analizaron los costes de fabricación del protector diseñado.



BIBLIOGRAFÍA

BIBIOGRAFÍA

1. RACE. *Informe-RACE-EuroRAP-2017.pdf* [online]. [Último acceso el 3 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.race.es/race.es/wp-content/uploads/2017/12/Informe-RACE-EuroRAP-2017.pdf>
2. RACE. Biblioteca de estudios e informes de seguridad vial | RACE. [online]. [Último acceso el 3 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.race.es/seguridadvial/estudios-investigacion>
3. Ministerio de Fomento. Catálogo y evolución de la red de carreteras - Catálogo y evolución de la red de carreteras - Carreteras - Áreas de actividad - Ministerio de Fomento. [online]. [Último acceso el 3 de marzo de 2018]. Disponible en: https://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERAL_ES/CARRETERAS/CATYEVO_RED_CARRETERAS/
4. Press, Europa. Aumentan un 10% los km con riesgo elevado de accidentes, con un tramo entre Lugo y Orense como principal punto negro. *europapress.es* [online]. 14 diciembre 2017. [Último acceso el 3 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.europapress.es/sociedad/noticia-aumentan-10-km-riesgo-elevado-accidentes-tramo-lugo-orense-principal-punto-negro-20171214113607.html>
5. Cob, Ana. Geografía de España. 2º Bachillerato. [online]. [Último acceso el 5 de junio de 2018]. Disponible en: [https://anacob.wordpress.com/Blog de Ana Cob](https://anacob.wordpress.com/Blog%20de%20Ana%20Cob).
6. Hiasa. Hiasa Grupo Gonvarri / Seguridad Vial. [online]. [Último acceso el 3 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.hiasa.com/es/portal.do?TR=C&IDR=19>
7. Asociación Mutua Motera. Diferentes propuestas de guardarrailes. [online]. [Último acceso el 3 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://pe.vicien.eresmas.net/guardarrailes.htm>
8. OEPM. Oficina Española de Patentes y Marcas. [online]. [Último acceso el 3 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.oepm.es/es/invenciones/index.html>
9. Invenes. [online]. [Último acceso el 5 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://consultas2.oepm.es/InvenesWeb/faces/busquedaSimple.jsp>

10. Blog guardarraíl. Sistema SPM-Basyc Homologado con la norma UNE 135 900 para la protección de los guardarrailes. *Guardarrailes* [online]. [Último acceso el 17 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://guardarail.obolog.es/sistema-spm-basyc-homologado-norma-une-135-900-proteccion-guardarrailes-34154>
11. Herrera, Rubén. Roller System, el nuevo guardarraíl que podría salvar cientos de vidas. *Motorpasion Moto* [online]. 23 noviembre 2016. [Último acceso el 13 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.motorpasionmoto.com/seguridad/roller-system-un-nuevo-guardarail-que-podria-reducir-el-numero-de-fallecidos>
12. Buscador de talleres. Seguridad pasiva: Guardarrailes innovadores para salvar vidas. [online]. [Último acceso el 13 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://buscadordetalleres.com/blog/seguridad-pasiva-guardarrailes-innovadores-para-salvar-vidas/>
13. Español, El. Noticias sobre guardarrailes. [online]. [Último acceso del 13 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://www.elespanol.com/>
14. El español. La Rioja instala el primer guardarraíl made in Spain diseñado para salvar vidas. [online]. 28 septiembre 2017. [Último acceso el 13 de mayo de 2018]. Disponible en: https://www.elespanol.com/motor/20170926/249725292_0.html
15. Moto1Pro. La Comunidad de Madrid invertirá en barreras de protección para motoristas. *Moto1Pro* [online]. [Último acceso el 13 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://www.moto1pro.com/actualidad/la-comunidad-de-madrid-invertira-en-barreras-de-proteccion-para-motoristas>
16. Autofácil. Qué tipos de prueba realiza euroNCAP. [online]. [Último acceso el 25 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://www.autofacil.es/seguridad/2013/03/17/tipos-prueba-realiza-euroncap/13302.html>
17. Euro NCAP. Impacto del guardarraíl en ciclistas y motoristas. Área de prensa. [online]. [Último acceso el 13 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://www.euroncap.com/es>
18. Autocasión. Crash-tests: ¿cómo se valora tu seguridad? [online]. 29 noviembre 2012. [Último acceso el 25 de febrero de 2018]. Disponible en: <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/crash-tests-tu-seguridad-no-siempre-se-valora-igual>

19. Circula Seguro. Los peligros de los márgenes de la carretera: barreras metálicas de seguridad. *Circula Seguro* [online]. 24 abril 2015. [Último acceso el 13 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.circulaseguro.com/los-peligros-de-los-margenes-de-la-carretera-y-5-barreras-metalicas-de-seguridad/>
20. Goodyear. Los quitamiedos: asignatura pendiente con los motoristas. [online]. 26 septiembre 2017. [Último acceso el 13 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://kilometrosquecuentan.com/quitamiedos/>
21. García, Isabel. Análisis de impacto en un guardarraíl por medio de elementos finitos, proyecto fin de carrera de la escuela politécnica superior de ingeniería de Gijón. [online]. [Último acceso el 13 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/IsabelGarciaCalvo/proyecto-fin-de-carrera-industriales>
22. Xenasegur. Quitamiedos, un riesgo para los motoristas. [online]. 16 octubre 2014. [Último acceso el 25 de febrero de 2018]. Disponible en: <https://corredoresymediadores.xenasegur.es/consejos-xenasegur/quitamiedos-un-riesgo-para-los-motoristas/>
23. Mapfre. ¿Por qué son peligrosos los guardarraíles para los motoristas? [online]. [Último acceso el 13 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.motor.mapfre.es/motos/noticias/6167/peligros-guardarrailes-para-motoristas>
24. Enmotomasseguro. *Estudio de accidentes con implicación de motocicletas en España* [online]. [Último acceso el 13 de marzo 2018]. Disponible en: http://www.enmotomasseguro.com/_Documentacion/Informes_Estadisticas/INFORME_S%20Y%20ESTUDIOS/A%C3%91O%202009/estudio%20de%20accidentes%20con%20implicacion%20de%20motocicletas%20en%20espa%C3%B1a.pdf
25. *Borrue, Begoña. Motoristas y seguridad vial. La realidad actual de la seguridad pasiva, trabajo fin de máster de la Universidad de Zaragoza* [online]. [Último acceso el 5 de junio de 2018]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/14883/files/TAZ-TFM-2014-188.pdf>

26. Marcegaglia. *Barreras de seguridad para carreteras*. [online]. [Último acceso el 1 de abril de 2018]. Disponible en: http://www.marcegaglia.com/building/pdf/segналibri/guardrail/guardrail_ES_marzo10.pdf
27. Sancho, Aitor. Álava pretende sustituir sus guardarraíles peligrosos en dos años. *Gasteiz Hoy* [online]. 4 June 2017. [Último acceso el 13 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.gasteizhoy.com/guardarrailes-motoristas-alava/>
28. Hiasa. Sistema de protección de motoristas (SPM) en barreras metálicas. [online]. [Último acceso el 13 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.hiasa.com/es/cargarFichaFamilia.do?identificador=76>
29. Hiasa. Energía Solar. [online]. [Último acceso el 13 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.hiasa.com/es/cargarFichaFamilia.do?identificador=76>
30. La Vanguardia. Segurvital, el quitamiedos riojano que más protege a los motoristas. [online]. 1 October 2017. [Último acceso el 13 de marzo 2018]. Disponible en: <http://www.lavanguardia.com/motor/actualidad/20171002/431442922229/segurvital-quitamiedos-proteger-motoristas.html>
31. Guardia, Álvaro. Segurvital: el guardarraíl definitivo ya está aquí. *Moto1pro*. [online]. [Último acceso el 13 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.moto1pro.com/actualidad/segurvital-el-guardarrail-definitivo-ya-esta-aqui>
32. Martín, Jesús. Segurvital, el quitamiedos salvavidas para moteros y ciclistas ya está instalado en La Rioja. *Motorpasion Moto* [online]. 15 September 2017. [Último acceso el 13 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.motorpasionmoto.com/seguridad/segurvital-el-quitamiedos-salvavidas-para-moteros-y-ciclistas-ya-esta-instalado-en-la-rioja>
33. Muños, Iñaki. *Diseño de un guardarraíl con protección para motoristas, trabajo fin de grado, Grado en Ingeniería en Diseño Mecánico, Universidad pública de Navarra*. [online]. 20 junio 2016. [Último acceso el 13 de marzo de 2018]. Disponible en: https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/22238/TFG_I%C3%91AKI_MU%C3%91OZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

34. Somoza, Alfonso. Roller System, el guardarraíl inteligente. Todocircuito.com. [online]. [Último acceso el 13 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.todocircuito.com/noticias/13233-roller-system-el-guardarrail-inteligente.html>
35. González, Nacho. Desarrollan en Corea el “Roller System”, los guardarraíles salvavidas. Motociclismo.es [online]. [Último acceso el 13 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.motociclismo.es/noticias/articulo/desarrollan-corea-roller-system-guardarrailes-salvavidas>
36. *Giménez, Carlos y Giménez, Susana. Protector para postes de guardarraíles. OEPM.* [online]. [Último acceso el 5 de febrero de 2018]. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/02/20/32/ES-2203298_A1.pdf
37. López, Ernesto. Dispositivo de protección para los perfiles de sujeción de los guardarraíles en las vías de circulación. OEPM. [online]. [Último acceso el 16 de mayo de 2018]. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/01/06/59/ES-1065918_U.pdf
38. Caro, Francisco. Dispositivo de protección contra impactos de personas en los postes de los guardarraíles de carreteras. OEPM. [online]. [Último acceso el 21 de mayo de 2018]. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/02/37/24/ES-2372459_B1.pdf
39. Fonseca, Julio. Protector para guardarraíles. OEPM. [online]. [Último acceso el 21 de mayo de 2018]. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/01/05/84/ES-1058440_U.pdf
40. Fernández, Juan. Sistema de amortiguación de impacto sobre postes de sujeción de guardarraíl. OEPM. [online]. [Último acceso el 21 de mayo de 2018]. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/02/36/22/ES-2362226_B1.pdf
41. *Caro, Francisco. Dispositivo de protección aplicable a los postes de los guardarraíles de carreteras. OEPM.* [online]. [Último acceso el 21 de mayo de 2018]. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/02/54/04/ES-2540451_A1.pdf

42. Universidad Politécnica de Catalunya. Sistema de protección vial para motoristas o ciclistas compuesto por barrera, soporte y sensores. OEPM. [online]. [Último acceso el 21 de mayo de 2018]. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/02/54/62/ES-2546246_B1.pdf
43. *Universidad de Cantabria. Barrera adaptable al guardarraíl para la protección de motocicistas o ciclistas. OEPM.* [online]. [Último acceso el 21 de mayo de 2018]. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/02/32/09/ES-2320968_A1.pdf
44. *Sandoval, Ricardo y López, Gloria María. Dispositivo protector para guardarraíles. OEPM.* [online]. [Último acceso el 21 de mayo de 2018]. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/01/06/59/ES-1065974_U.pdf
45. *Alonso, José Antonio. Protección guardarraíl para accidente de moto. OEPM.* [online]. [Último acceso el 21 de mayo de 2018]. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/02/33/25/ES-2332550_A1.pdf
46. *Núñez, Antonio y Santos, María Teresa de. Nuevo sistema para protección de los guardarraíles utilizando para ello tela de hormigón, dotando a los guardarraíles ya existentes de una gran seguridad para motoristas y ciclistas. OEPM.* [online]. [Último acceso el 21 de mayo de 2018]. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/02/34/09/ES-2340907_A1.pdf
47. Arechavaleta, Luis y Lanza, Alfonso. Guardarraíl. OEPM. [online]. [Último acceso el 21 de mayo de 2018]. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/01/05/70/ES-1057055_U.pdf
48. Sevilla, Antonio. Protector amortiguado para guardarraíles. OEPM. [online]. [Último acceso el 21 de mayo de 2018]. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/02/33/79/ES-2337971_B1.pdf
49. Arce, Antonio. Sistema de protección contra impactos de vehículos e barreras de seguridad o guardarraíles. OEPM. [online]. [Último acceso el 21 de mayo de 2018]. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/01/19/74/ES-1197408_U.pdf
50. *Nieto, Carlos. Pieza de revestimiento para postes y bandas metálicas de guardarraíles. OEPM.* [online]. [Último acceso el 21 de mayo de 2018]. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/01/05/14/ES-1051470_U.pdf

51. López, Juan Manuel. *Sistema de protección para guardarraíles*. OEPM. [online]. [Último acceso el 21 de mayo de 2018]. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/01/06/72/ES-1067213_U.pdf
52. Pérez, Arturo y López, José Luis. *Protección elástica amortiguadora para guardabordes de carretera*. OEPM. [online]. [Último acceso el 21 de mayo de 2018]. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/01/07/00/ES-1070047_U.pdf
53. Crespi, Miguel. *Dispositivo de protección aplicado a guardarraíles*. OEPM. [online]. [Último acceso el 5 de febrero de 2018]. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/01/06/42/ES-1064288_U.pdf
54. Arce, Antonio. *Sistema de protección contra impactos de vehículos en barreras de seguridad en carreteras*. OEPM. [online]. [Último acceso el 21 de mayo de 2018]. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/01/20/49/ES-1204961_U.pdf
55. Circulaseguro. *Guardarraíles y motoristas, un poco de historia (1)*. [online]. 3 abril 2009. [Último acceso el 12 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.circulaseguro.com/guardarrailes-y-motoristas-un-poco-de-historia-1/>
56. Dirección General de Tráfico. *Las principales cifras de la Siniestralidad Vial. España 2016* [online]. [Último acceso el 19 de marzo de 2018]. Disponible en: http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/principales-cifras-siniestralidad/2017-1969_Las_principales_cifras_de_la_Siniestralidad_Vial._Espanaa_2016.PDF
57. RACE. *Puntos negros, precaución en los tramos de concentración de accidentes*. [online]. [Último acceso el 19 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.race.es/puntos-negros-accidentes>
58. Wigodski, Jaqueline. *Metodología de la Investigación: Fuentes Primarias y Secundarias*. Blog metodología de la investigación. [online]. 8 July 2010. [Último acceso el 19 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com.es/2010/07/fuentes-primarias-y-secundarias.html>
59. Asociación Mutua Motera. *Noticias: sistemas de seguridad para motos*. [online]. [Último acceso el 3 de abril de 2018]. Disponible en: <https://www.mtuamotera.org/gn/web/index.php>

60. Deputación de Pontevedra. Subministro e instalación de sistemas de contención para la protección de motoristas na rede provincial. [online]. [Último acceso el 26 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://www.depontevedra.es/?1,16019>
61. Circulaseguro. El ADAC quiere pruebas de choque más duras. *Circula Seguro* [online]. 30 August 2008. [Último acceso el 17 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://www.circulaseguro.com/el-adac-quiere-pruebas-de-choque-mas-duras/>
62. RACE. Nota de prensa: Un 13,2% de la red de carreteras del Estado presenta un nivel de riesgo elevado según el informe EuroRAP. [online]. [Último acceso el 25 de febrero de 2018]. Disponible en: <https://www.race.es/notas-de-prensa/carreteras-del-estado-presenta-un-nivel-de-riesgo-elevado-eurorap>
63. Trabit. La asociación española de la carretera examina el estado de la red viaria. [online]. [Último acceso el 17 de febrero de 2018]. Disponible en: <https://www.trabit.com/la-asociacion-espanola-de-la-carretera-examina-el-estado-de-la-red-viaria/>
64. Presi, El. Moto club los Javalíes. [online]. [Último acceso el 13 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://motoclubelmez.blogspot.com/2008/05/queridos-socios-en-este-momento-del-ao.html>
65. RACE EuroRAP. Evaluación de carreteras del Estado 2017. [online]. Último acceso el 13 de abril de 2018]. Disponible en: <https://www.race.es/biblioteca/factor-via/14-12-20167-race-eurorap-evaluacion-de-carreteras-del-estado-2017>
66. Wikipedia. Red de carreteras de España. *Wikipedia, la enciclopedia libre* [online]. 2018. [Último acceso el 17 de febrero de 2018]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Red_de_carreteras_de_Espa%C3%B1a&oldid=105352208
67. Mejia, Tatiana. ¿Qué son las Fuentes Primarias y Secundarias? *Lifeder .com*. [online]. 20 septiembre 2017. [Último acceso el 21 de mayo 2018]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/fuentes-primarias-secundarias/>
68. Cepal. Marco lógico en proyectos. [online]. [Último acceso el 2 de abril de 2018]. Disponible en: https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/9/37779/MARCO_LOGICO_Y_EV_PROYECTOS.pdf

69. Sinnaps. Las fases y etapas generales de un proyecto. [online]. 16 agosto 2017. [Último acceso el 2 de abril de 2018]. Disponible en: <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/fases-etapas-de-un-proyecto>
70. Universidad Católica Sedes Sapientiae. Guía para la elaboración de proyectos de investigación. [online]. Febrero 2015 [Último acceso el 2 de abril de 2018]. Disponible en: <http://www.ucss.edu.pe/images/fcs/guia-para-la-elaboracion-del-proyecto-de-tesis-fcs.pdf>
71. Dassault Systemes. 3D CAD Design Software. [online]. [Último acceso el 19 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.solidworks.com/>
72. Sostenibilidad para todos. ¿Qué es la sostenibilidad? [online]. [Último acceso el 2 de abril de 2018]. Disponible en: <https://www.sostenibilidad.com/desarrollo-sostenible/que-es-la-sostenibilidad/>
73. Dassault Systemes. Análisis estructural. [online]. [Último acceso el 2 de abril de 2018]. Disponible en: <https://www.solidworks.es/sw/products/simulation/structural-analysis.htm>
74. Wikipedia. Estructura de descomposición del trabajo. [online]. 2018. [Último acceso el 2 de abril de 2018]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Estructura_de_descomposici%C3%B3n_del_trabajo&oldid=106019168
75. RDI plastics. Elastómeros termoplásticos, goma, caucho o PVC flexible.[online]. [Último acceso el 2 de abril de 2018].Disponible en: <http://www.rdiplastics.com/caucho-goma-pvc/>
76. El Confidencial Digital. 300.000 toneladas de neumáticos (tres Seseñas) están fuera de control en España. [online]. [Último acceso 1 de junio 2018]. Disponible en: https://www.elconfidencialdigital.com/seguridad/toneladas-neumaticos-Sesenas-control-Espana_0_2713528634.html
77. NEFAB. Espumas de protección: el embalaje a medida más económico. [online]. [Último acceso el 2 de abril de 2018]. Disponible en: <http://www.espumas-polietileno-embalaje.com/>

78. Servicios integrales SIGNUM. Catálogo de bolardos. [online]. [Último acceso el 3 de junio de 2018]. Disponible en: <http://signumservicios.es/data/documents/08-Catalogo-de-Bolardos-SIGNUM.pdf>
79. Ampla. Polystone M (PE-UHMW / PE-1000). [online]. [Último acceso el 3 de junio de 2018]. Disponible en: <https://www.ampla.es/es/producto/materiales/plasticos-tecnicos/polystone-m-pe-uhmw-pe-1000>
80. Wikipedia. Extrusión de polímero. [online]. 2018. [Último acceso el 3 de junio de 2018]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Extrusi%C3%B3n_de_pol%C3%ADmero&oldid=104620482
81. Arístegui Maquinaria. Método de extrusión su proceso y aplicación. [online]. [Último acceso el 3 de junio de 2018]. Disponible en: <https://www.aristegui.info/metodo-de-extrusion-su-proceso-y-aplicacion/>
82. Etw advertising. Terminal de guardarraíl. [online]. [Último acceso el 29 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://www.etwinternational.es/1-7-guardrail-terminal-end-43005.html>
83. Guan Xian Tong An. Componentes para barreras guardarraíl y del sistema de defensa para carreteras y seguridad vial. [online]. [Último acceso el 29 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://tongan-guardrail.es/2-4-guardrail-delineator/202835/>
84. Vinilo reflectante, blog. Kit de vinilo reflectante para vehículos de conservación de carreteras. [online]. [Último acceso el 2 de junio de 2018]. Disponible en: <http://www.vinilorefectante.com/es/kit-de-vinilo-reflectante-para-vehiculos-tipo-conservacion-/1-kit-de-vinilo-reflectante-para-vehiculos-tipo-berlingo.html>
85. Wikipedia. Análisis DAFO. *Wikipedia*, [online]. 2018. [Último acceso el 4 de junio de 2018]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=An%C3%A1lisis_DAFO&oldid=108375357
86. Espinosa, Roberto. La matriz de análisis DAFO (FODA). [online]. [Último acceso el 4 de junio de 2018]. Disponible en: <http://robertoespinosa.es/2013/07/29/la-matriz-de-analisis-dafo-foda/>

87. Peralta, Maria Paz. ¿Qué son los costos fijos y variables en mi emprendimiento? CreceMujer [online]. [Último acceso el 4 de junio de 2018]. Disponible en: <https://www.crecemujer.cl/capacitacion/ideas-de-negocio/que-son-los-costos-fijos-y-variables-en-mi-emprendimiento>

ANEXOS

ANEXOS

ÍNDICE GENERAL

ANEXO I: TITULARES DE PRENSA.....	107
ANEXO II: CUESTIONARIO.....	109
ANEXO III: ESTUDIO DE SOSTENIBILIDAD.....	110
ANEXO IV: ABREVIATURAS.....	114

ANEXO I: TITULARES DE PRENSA

Fig. A1.1: Titular del Diario Información.



Fuente: www.diarioinformacion.com (26 abril 2016)

Fig. A1.2: Titular Europa press.



Fuente: www.europapress.es (10 marzo de 2017)

Fig. A1.3: Titular de la Sexta Noticias



Fuente: www.lasexta.com (31 marzo 2017)

Fig. A1.4: Titular de Noticias Antena 3.



Fuente: www.antena3.com (31 marzo 2017)

Fig. A1.5: Titular de Canarias en moto.



Fuente: www.canariasenmoto.com (1 abril 2017)

ANEXO II: CUESTIONARIO

Buenas tardes,

Me llamo Alba Chaves y me dirijo a usted porque estoy realizando mi trabajo fin de máster sobre el diseño de un protector para los actuales guardarrailes implantados en las carreteras. Por ello, dados los conocimientos que poseen en esta empresa, para llevar a cabo este trabajo le pido que me responda tres sencillas preguntas sobre las características de estos guardarrailes.

1. ¿Cuáles son las medidas standard del guardarraíl convencional?
2. La distancia que existe entre la bionda y el suelo, ¿varía según el terreno? Si es así, ¿existen poste con varias medidas standard, o se cortan y se adaptan "in situ"?
3. ¿La normativa exige dejar alguna distancia mínima entre la bionda y el suelo para permitir la evacuación del agua y la basura?

Esto es todo, muchísimas gracias por su atención, sus respuestas me han sido de gran ayuda para avanzar en el proyecto.

ANEXO III: ESTUDIO DE SOSTENIBILIDAD

Con el estudio de sostenibilidad⁸ podemos analizar el impacto ambiental que va a tener el diseño realizado. El impacto ambiental es el efecto que produce la actividad humana en el medio ambiente, en este caso, la actividad humana es el diseño y fabricación del protector que se ha desarrollado en el presente proyecto. De esta manera, para tratar de minimizar el impacto de esta actividad humana, se ha realizado la evaluación del impacto ambiental (EIA) a través del estudio de sostenibilidad que se presenta a continuación.

En este estudio se analiza el impacto ambiental que pueden producir los procesos de fabricación del protector diseñado a lo largo de su ciclo de vida. El resultado de este estudio se expresa en forma de cuatro diagramas circulares que se corresponden con los siguientes fenómenos:

- **Huella de carbono.** Es el dióxido de carbono (CO₂) y otros gases emitidos al fabricar el producto. Estos gases son generados mediante la combustión de materias en los procesos de fabricación, éstos se acumulan en la atmósfera, e incrementan la temperatura media de la Tierra. Se determina según la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producidos, medidos en unidades de CO₂.
- **Energía total consumida.** Es la energía no renovable, expresada en megajulios (MJ) y utilizada en el ciclo de vida del producto. Además, incluye la energía empleada para obtener los combustibles utilizados durante el ciclo de vida.
- **Acidificación de la atmósfera.** Es un fenómeno que se produce cuando hay altas concentraciones de óxidos de nitrógeno o dióxidos de azufre en la atmósfera, y cuando el suelo y el agua pierden su capacidad neutralizante. En este caso, cuando se emiten gases durante los procesos de fabricación y se combinan con el oxígeno del aire y el vapor de agua, se transforman en ácidos que se depositan en la superficie terrestre a través de la lluvia ácida.

⁸ Chaves, Alba 2015. Trabajo fin de grado “Rediseño de tapón roscado para botellas de vino”

- **Eutrofización del agua.** Es el enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema acuático debido a la acumulación de materia orgánica y mineral, produciendo un incremento del crecimiento de las plantas y el agotamiento de los niveles de oxígeno en el agua.

Estos fenómenos son importantes y es necesario tenerlos en cuenta a la hora de diseñar un producto, pues tanto durante su fabricación como durante su período de vida útil, se podría generar un gran impacto ambiental. Así, con la ayuda del *software SolidWorks 2016* obtuvimos cuatro diagramas circulares, cada uno de ellos dividido en diferentes sectores como la materia prima, la fabricación, el transporte y el fin de la vida útil. De esta forma, diferenciamos entre los factores de mayor y menor influencia en el medio ambiente, lo cual nos permitió, en el momento de optimizar el producto, saber qué parte era mejorable en cuanto a su impacto ambiental.

Dentro de *SolidWorks*, utilizamos el componente *Sustainability*, que nos proporcionó valores para la huella de carbono, la energía total consumida, la acidificación de la atmósfera y la eutrofización del agua, a partir de un modelo 3D previamente diseñado. Para interpretar y analizar estos datos, se asignaron dos materiales distintos al protector, con la intención de comparar estos valores y valorar cuál tiene un menor impacto medioambiental (ver Tabla 12).

Tabla A3.1: Cuadro comparativo de características del protector.

CONCEPTO	PE- UHMW	PET
<i>Peso</i>	6.34E + 5 g	9.5E + 5 g
<i>Proceso de fabricación</i>	Extrusión	Extrusión
<i>Área de superficie</i>	2.16E + 7 mm ²	2.16E + 7 mm ²
<i>Coste de material</i>	1.89 €/kg	1.89 €/kg
<i>Región</i>	Europa	Europa
<i>Vida útil</i>	5 años	5 años

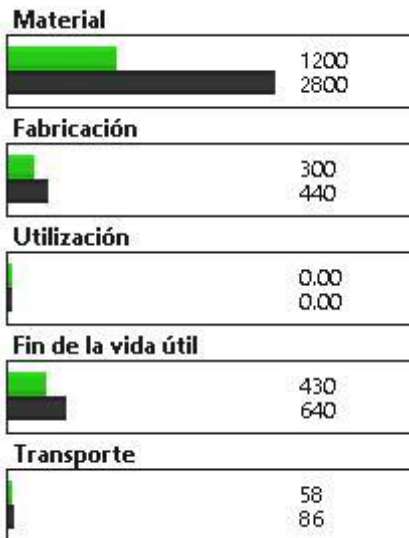
Fuente: Elaboración propia.

Comparación del impacto medioambiental

■ PE ■ PET

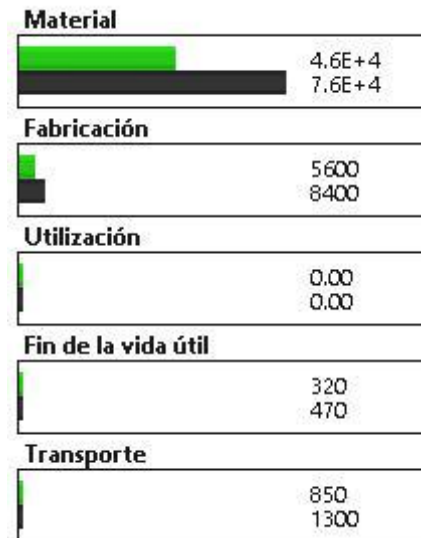
Comparación de huella de carbono

Total | PE Alta densidad : 1900 kg CO_{2e}
PET : 4500 kg CO_{2e}



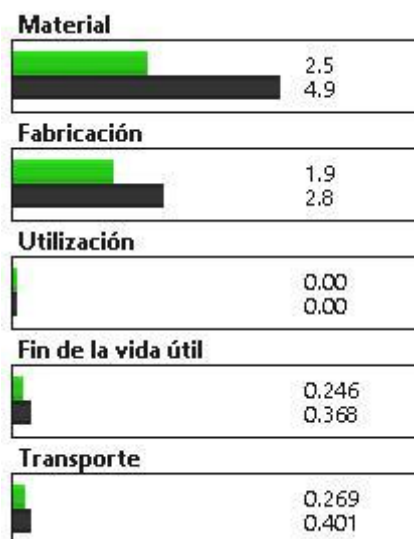
Comparación de energía total consumida

Total | PE Alta densidad : 5.2E+4 MJ
PET : 8.6E+4 MJ



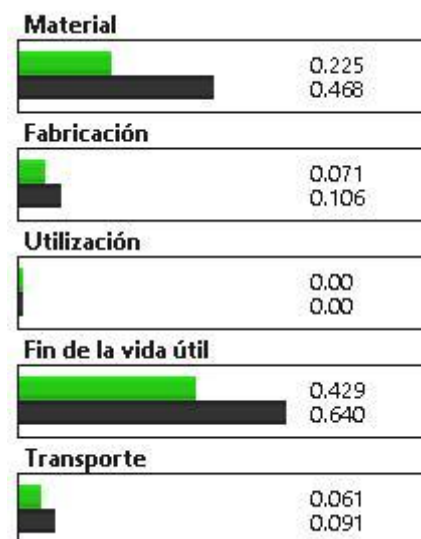
Comparación de acidificación atmosférica

Total | PE Alta densidad : 4.9 kg SO_{2e}
PET : 8.5 kg SO_{2e}



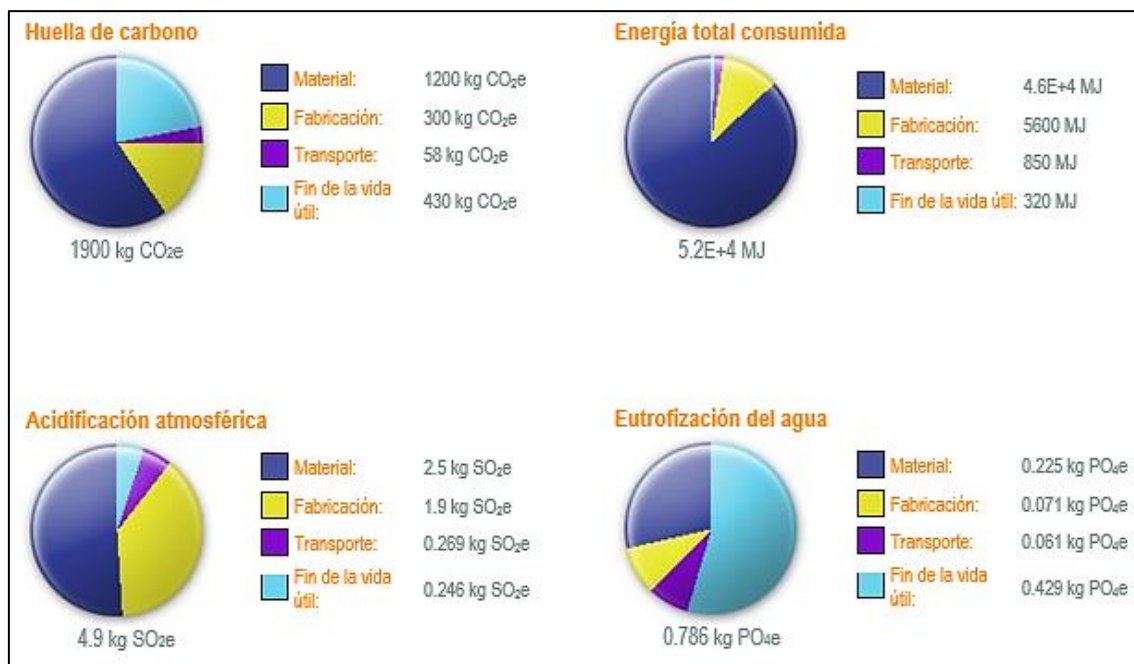
Comparación de eutrofización del agua

Total | PE Alta densidad : 0.786 kg PO_{4e}
PET : 1.9 kg PO_{4e}



Por lo tanto, como se puede comprobar, el PE presenta mejores valores para el medio ambiente que el PET en todos los sectores, por lo que será más respetuoso con el medio ambiente produciendo un impacto medioambiental inferior en todos los aspectos. A continuación, se muestra el impacto ambiental que produce la fabricación del protector diseñado en PE.

Fig. A3.1: Impacto ambiental del protector fabricado en PE.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO IV: ABREVIATURAS

ACEA	Asociación de Constructores Europeos de Automóviles
ASA	Acrilonitrilo estireno acrilato
ASA/PC	Acrilonitrilo estireno acrilato con policarbonato
ASA/PVC	Acrilonitrilo estireno acrilato con policloruro de vinilo
CAD	Diseño asistido por ordenador
CR	Coefficiente de restitución
DGT	Dirección General de Tráfico
EIA	Evaluación del impacto ambiental
EuroRAP ⁹	European Road Assesment Programme
GEI	Gases de efecto invernadero
KIC	Tenacidad a la fractura
MGM	Mutualidad General del Motociclista
MPa	Mega Pascal
OEPM	Oficina Española de Patentes y Marcas
PE	Polietileno
PET	Politereftalato de Etileno
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PVC	Policloruro de Vinilo
RACE	Real Automóvil Club de España
SPM	Sistema de Protección para Motoristas

⁹ EuroRAP es un programa Europeo de Evaluación de Carreteras desarrollado por una asociación internacional sin ánimo de lucro destinado a salvar vidas a través de carreteras más seguras, gracias a la evaluación del riesgo y a identificación de las principales deficiencias.

DOCUMENTO N°2, PLANOS



DOCUMENTO N°2, PLANOS

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: LISTA DE PLANOS	3
CAPÍTULO 2: PLANOS	5



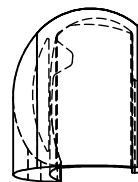
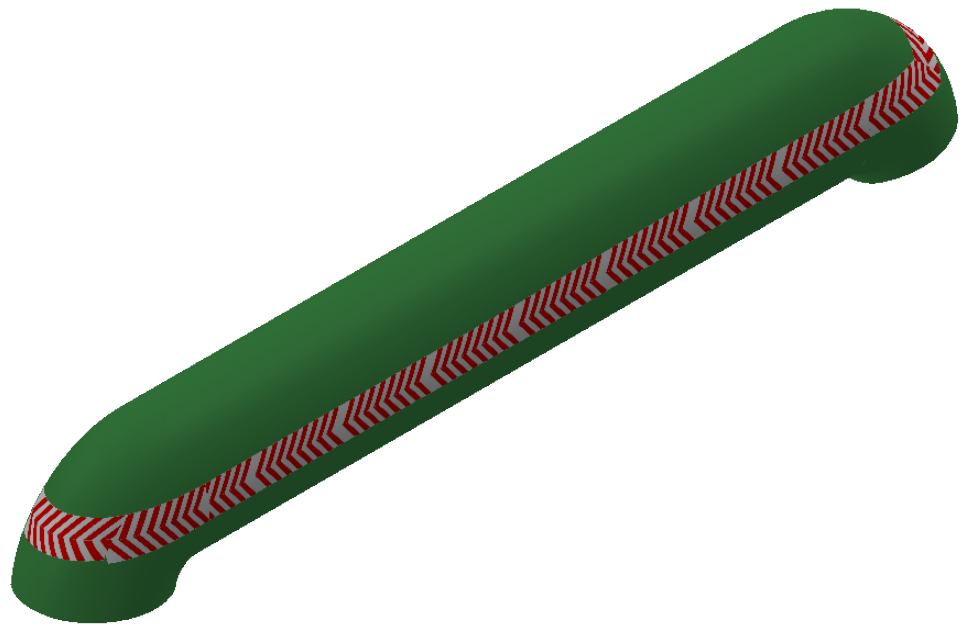
CAPÍTULO 1: LISTA DE PLANOS

CAPÍTULO 1: LISTA DE PLANOS

	Nº PLANO
PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO.....	1
VISTAS PRINCIPALES DEL PRODUCTO.....	2
PLANO DEL PROTECTOR CENTRAL.....	3
PLANO DEL PROTECTOR DEL EXTREMO	4
PLANO EXPLOSIONADO	5



CAPÍTULO 2: PLANOS



FECHA: 08/05/2018

**UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA
CENTRO UNIVERSITARIO DE MÉRIDA**

Nº DE PLANO:
1

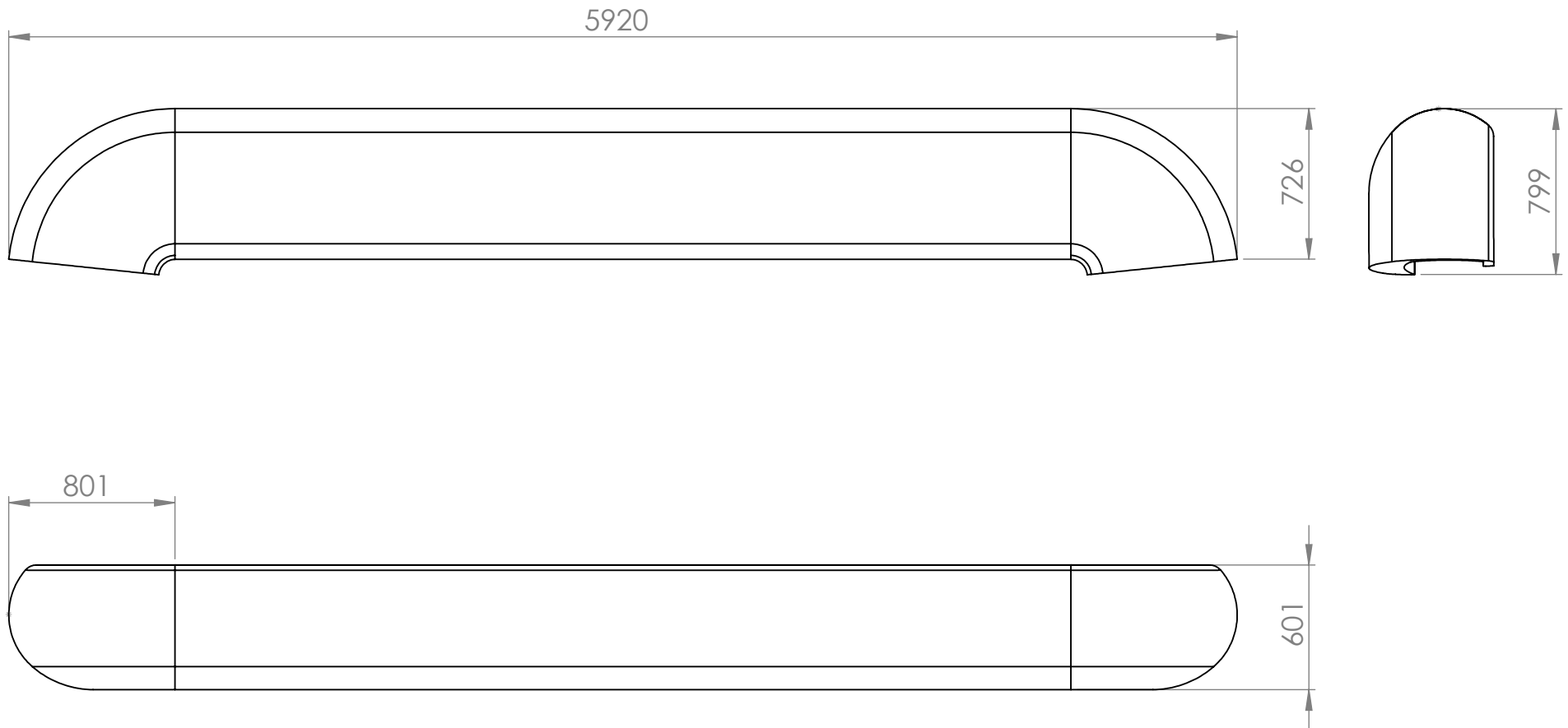
TÍTULO:
PRESENTACIÓN DEL PRODCUTO


AUTOR:
ALBA CHAVES ZAPTA

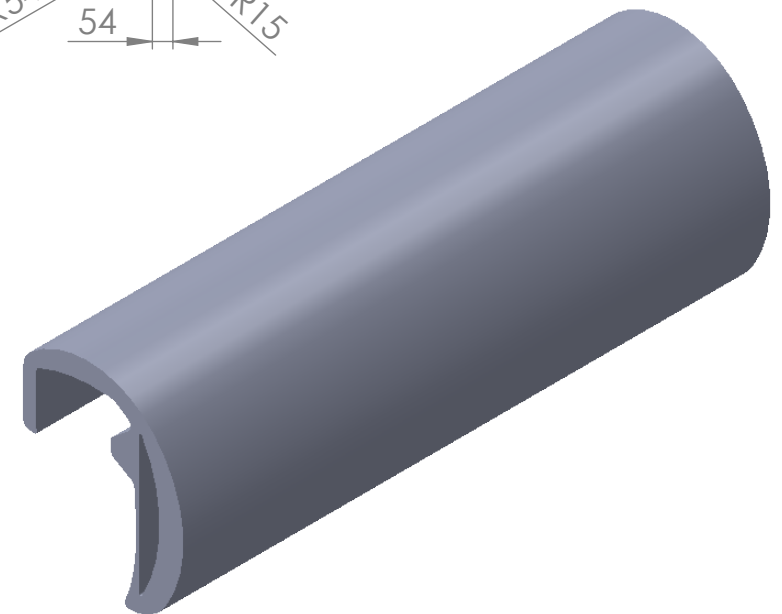
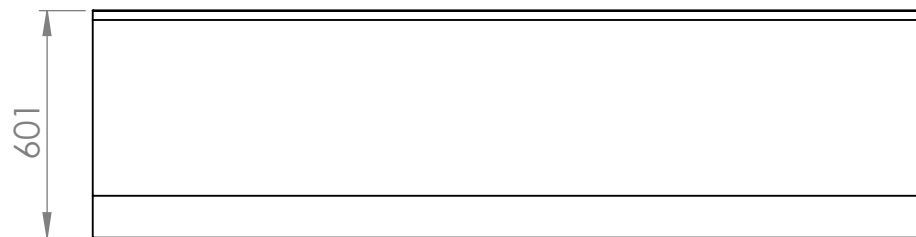
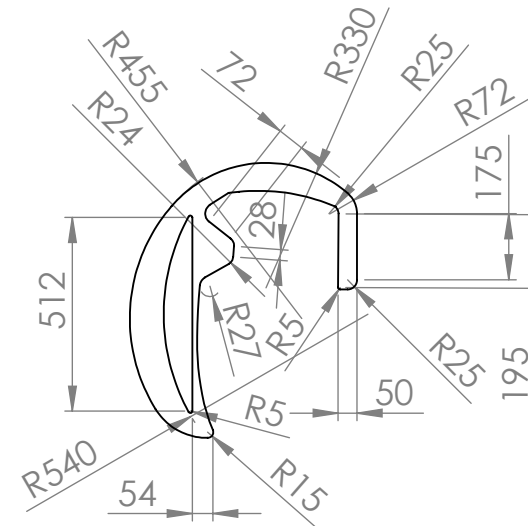
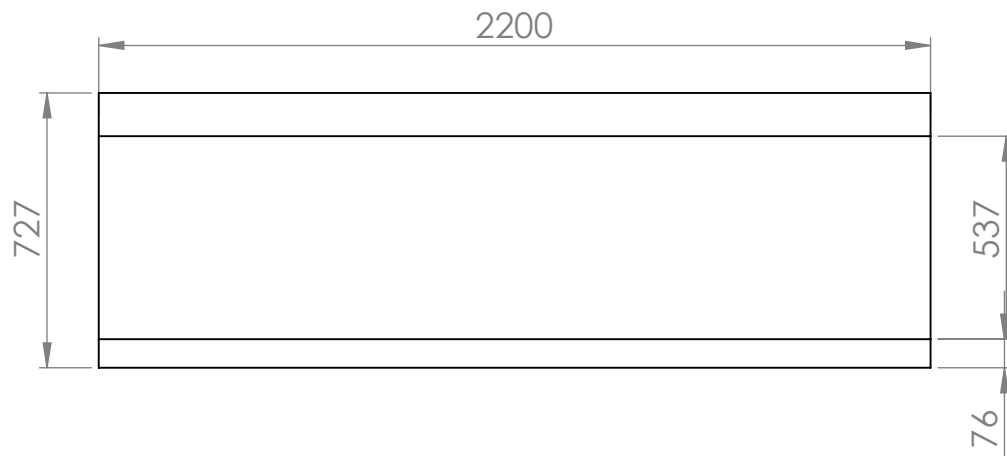
ESCALA:
1:35 A4

PROYECTO: DISEÑO DE UN PROTECTOR CON SISTEMA
DE SEGURIDAD PARA GUARDARRAÍLES



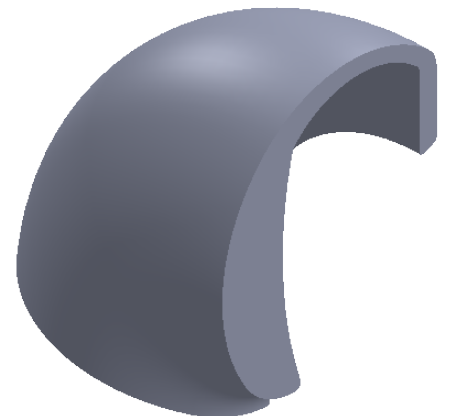
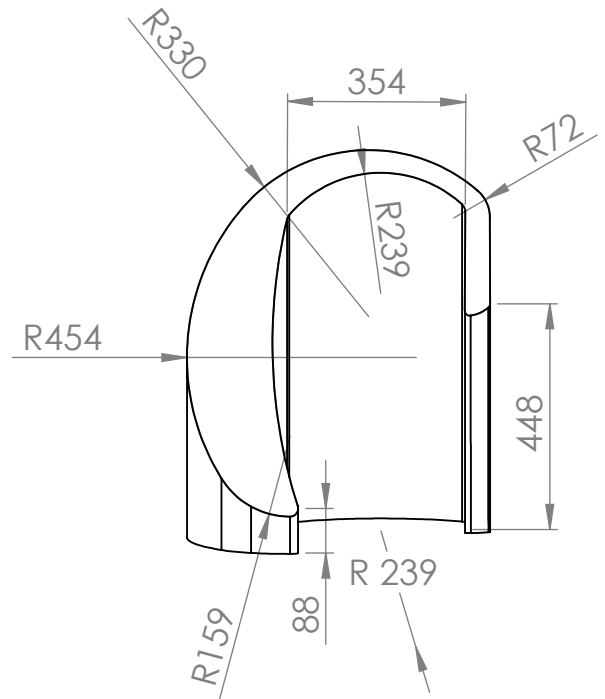
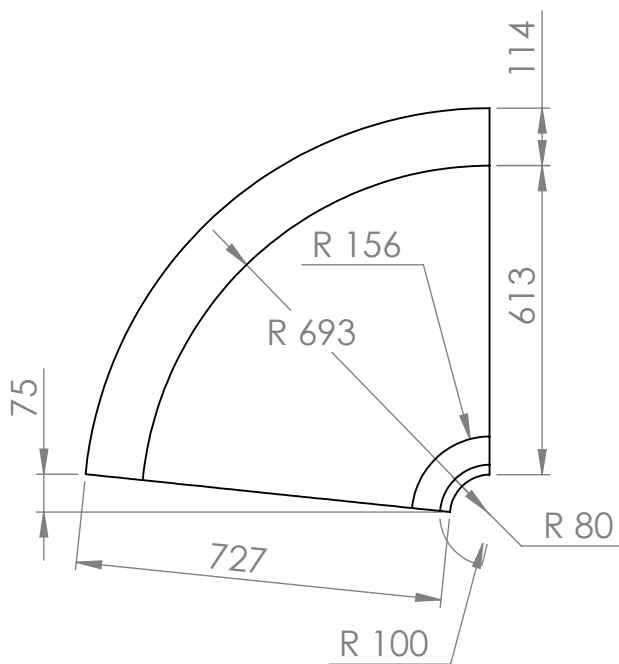
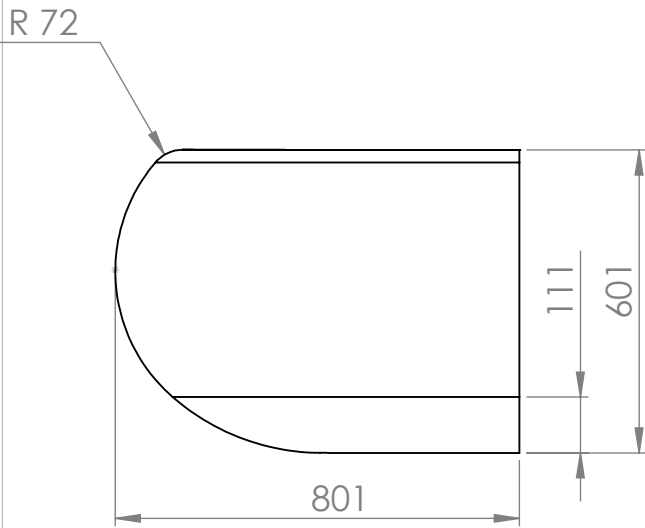


FECHA: 08/05/2018		UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA CENTRO UNIVERSITARIO DE MÉRIDA		
Nº DE PLANO: 2		TÍTULO: VISTAS PRINCIPALES	AUTOR: ALBA CHAVES ZAPTA	
ESCALA: 1:30	A4	PROYECTO: DISEÑO DE UN PROTECTOR CON SISTEMA DE SEGURIDAD PARA GUARDARRAÍLES		

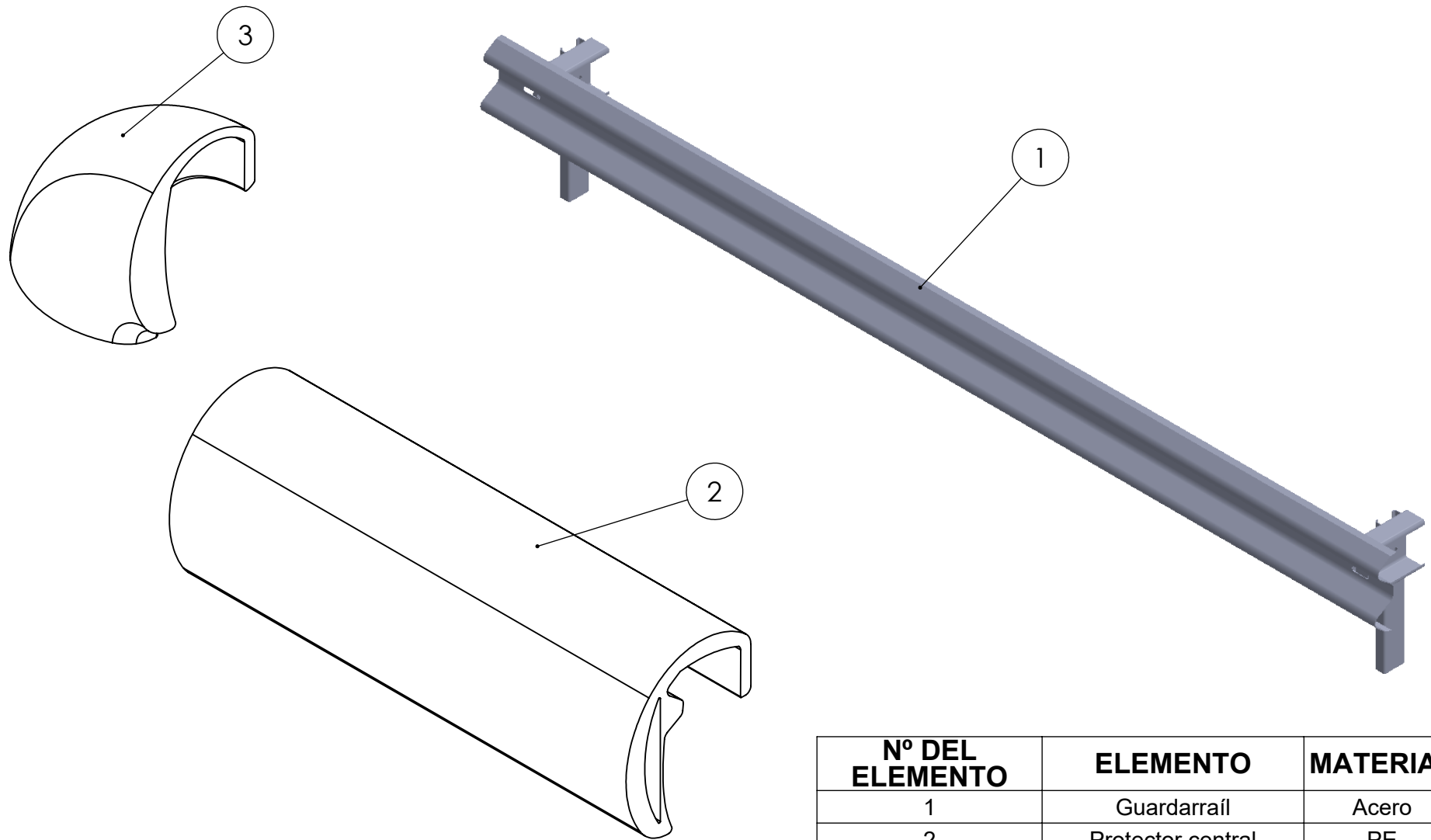


FECHA: 08/05/2018		UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA CENTRO UNIVERSITARIO DE MÉRIDA	
Nº DE PLANO: 3		TÍTULO: PLANO DEL PROTECTOR DE LA ZONA CENTRAL	AUTOR: ALBA CHAVES ZAPTA
ESCALA: 1:20	A4	PROYECTO: DISEÑO DE UN PROTECTOR CON SISTEMA DE SEGURIDAD PARA GUARDARRAÍLES	





FECHA: 08/05/2018		UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA CENTRO UNIVERSITARIO DE MÉRIDA		
Nº DE PLANO: 4		TÍTULO: PLANO DEL PROTECTOR DEL EXTREMO	AUTOR: ALBA CHAVES ZAPTA	
ESCALA: 1:15	A4	PROYECTO: DISEÑO DE UN PROTECTOR CON SISTEMA DE SEGURIDAD PARA GUARDARRAÍLES		



Nº DEL ELEMENTO	ELEMENTO	MATERIAL
1	Guardarraíl	Acero
2	Protector central	PE
3	Protector extremo	PE

FECHA: 08/05/2018		UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA CENTRO UNIVERSITARIO DE MÉRIDA		
Nº DE PLANO: 5		TÍTULO: PLANO EXPLOSIONADO	AUTOR: ALBA CHAVES ZAPTA	
ESCALA: 1:20	A4	PROYECTO: DISEÑO DE UN PROTECTOR CON SISTEMA DE SEGURIDAD PARA GUARDARRAÍLES		



DOCUMENTO N°3, PRESUPUESTO

DOCUMENTO N°3, PRESUPUESTO

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: Introducción.....	126
CAPÍTULO 2: Cuadro de precios básicos.....	126
CAPÍTULO 3: Cuadro de mediciones.....	128
CAPÍTULO 4: Presupuesto final.....	129

CAPÍTULO 1: Introducción

En este documento se va a elaborar el presupuesto de fabricación del protector diseñado. Para ello, en primer lugar, se elaboró un cuadro de costes básicos, incluyendo tanto materiales como manos de obra (tabla 3.2.1). Además, se elaboró un cuadro de mediciones (tabla 3.3.1) que nos permitió relacionar los costes básicos con las cantidades requeridas en la fabricación del protector diseñado. De esta manera, se pudo elaborar el presupuesto final de fabricación del producto (tabla 3.4.1) e incluso realizar un estudio del volumen óptimo de fabricación (Capítulo 3.4).

CAPÍTULO 2: Cuadro de costes básicos

En este apartado presenta el cuadro de precios básicos, que resulta imprescindible para poder desarrollar y elaborar el presupuesto final del dispositivo propuesto, puesto que en él se recogen los costes por unidad de las distintas variables que intervienen en la fabricación del producto (materiales y mano de obra). Además, este cuadro se divide en costes fijos y costes variables, y éstos a su vez, se clasifican en materiales y mano de obra.

Los costes fijos son aquellos costes independientes del número de piezas que se fabriquen, es decir, se mantendrán constantes con independencia del volumen de fabricación (87). Los costes variables, sin embargo, son aquellos costes que sí varían en función de la cantidad de producto que se fabrique, de manera que mientras mayor sea la producción mayor serán tales costes (87).

Tabla 3.2.1: Cuadro de costes básicos.

COSTES FIJOS		
Descripción	Precio¹⁰	Unidades
<i>Mano de obra de diseño</i>	5904,57	€
<i>Molde para extrusión</i>	2123,47	€
COSTES VARIABLES		
Materiales	Precio	Unidades
<i>PE- UHMW</i>	1,75	€/kg
<i>Cinta reflectante adhesiva</i>	20,94	€/m
Maquinaria		
<i>Máquina extrusora de PE</i>	0,28	€/h
Mano de obra	Precio	Unidades
<i>Oficial de Primera</i>	10,60	€/h
<i>Operario</i>	10,20	€/h
<i>Referencia de precios:</i>		
<p>- La mano obra dedicada a la realización del diseño del producto se ha calculado de la siguiente forma: primero se ha buscado la normativa que regule el coste por hora de la mano de obra de un ingeniero técnico y consultando el convenio colectivo del sector de empresas de ingeniería y oficinas técnicas¹¹, se ha obtenido un coste de 23.618,28 €/año. Una vez obtenido el coste anual calculamos el coste mensual dividiendo entre 12 meses, obteniendo entonces un coste mensual de 1968,19 €. Por lo tanto, y estimando que se han invertido 3 meses en elaborar el diseño del producto según el cronograma realizado, obtuvimos un coste fijo de 5904,57 €.</p> <p>- El precio del molde exacto es muy difícil de encontrar, por lo que se ha hecho una media de los precios encontrados en la página de "spanish.alibaba.com", en la que aparecían precios de entre 1000\$ y 5000\$, por ello hemos tomado un precio medio de 2500\$ (1\$=0,849541€, a fecha de cambio del 6 de junio de 2018).</p> <p>- El precio del PE se ha obtenido del software CES EDUPACK.</p> <p>- El precio de la cinta reflectante adhesiva se ha obtenido de www.vinilorefectante.com.</p> <p>- El precio de la mano de obra se ha obtenido de la base de precios del Gobierno de Extremadura (http://basepreciosconstruccion.gobex.es/).</p> <p>- El precio hora de la máquina extrusora se ha extraído de la página "spanish.alibaba.com" teniendo en cuenta la vida útil de la máquina (10 años) y su precio (8000€).</p>		

Fuente: Elaboración propia.

¹⁰ Los precios utilizados no llevan aplicado IVA.

¹¹ Este convenio se puede consultar en el siguiente enlace:

<https://boe.es/boe/dias/2017/01/18/pdfs/BOE-A-2017-542.pdf>

CAPÍTULO 3: Cuadro de mediciones

La tabla 3.3.1 se corresponde con el cuadro de mediciones, el cual recoge las unidades de medidas necesarias de cada material y mano de obra, los cuales constituyen los costes variables (costes que variarán en función de las unidades fabricadas) de la totalidad del producto.

Tabla 3.3.1: Cuadro de mediciones.

Materiales	Cantidad	Unidades
PE-UHMW	313	kg
Cinta reflectante adhesiva	2,6	m
Maquinaria		
Máquina extrusora de PE	0,5	h
Mano de obra		
	Cantidad	Unidades
Oficial de primera	0,4	h
Operario	0,75	h
<p><i>Referencia de mediciones:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - El kg del protector se ha obtenido del software SolidWorks, teniendo en cuenta la densidad del PE, proporcionada por CES EDUPACK cuando se realizó el estudio de materiales. - La medida de la cinta necesaria para cada protector también se obtuvo de SolidWorks. - Se estima que se hacen dos piezas por hora (la máquina trabaja a 650 kg/h) y de aquí estimamos los tiempos de la mano de obra también. El operario trabaja el mismo tiempo que la máquina y ésta tarda 0,5 horas en hacer la pieza y se añade un pequeño margen de preparación (0,25 h). 		

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 4: Presupuesto final

En el último apartado del presente documento, se calcularon los costes fijos y variables totales. Sin embargo, dado a que el producto diseñado no se va a fabricar de manera esporádica, sino que será fabricado por lotes de fabricación, permitiendo la disponibilidad del mismo para la sustitución de los que se encuentren en mal estado; se procederá a calcular posteriormente el volumen óptimo de fabricación. En primer lugar, se ha calculado el total de costes fijos y variables.

Tabla 3.4.1: Costes fijos y coste variable unitario.

COSTES FIJOS				
Descripción	Cantidad	Precio	Ud	Total
<i>Mano de obra de diseño</i>	1	5904,57	€/Ud.	5904,57 €
<i>Molde para extrusión</i>	1	2123,47	€/Ud.	2123,47 €
			<u>TOTAL</u>	8028,04 €
COSTE VARIABLE UNITARIO				
Descripción	Cantidad	Precio	Ud	Total
<i>PE- UHMW</i>	313	1,75	€/kg	547,75 €
<i>Cinta reflectante adhesiva</i>	2,6	20,94	€/m	68,9 €
<i>Máquina extrusora de PE</i>	0,5	0,28	€/h	0,14 €
<i>Oficial de primera</i>	0,4	10,60	€/h	4,24 €
<i>Operario</i>	0,75	10,20	€/h	7,65 €
			<u>TOTAL</u>	628,68 €

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se realizó una tabla con el coste total de diferentes lotes y el coste unitario de cada pieza según el lote, teniendo en cuenta un coste marginal (β). Este coste marginal se puede clasificar en la siguiente tabla:

Tabla 3.4.2: Coste marginal en lotes de fabricación.

Uds	< 2.000.000	2.000.001 – 10.000.000	10.000.001 – 50.000.000	50.000.001 – 100.000.000	100.000.001 – 200.000.000	> 200.000.001
β	1	0,98	0,97	0,98	1	1,04

Fuente: temario presupuesto Oficina Técnica, Ingeniería en Diseño Industrial.

Una vez estudiados los costes marginales, se realizó una tabla comparativa con los distintos precios de los lotes de fabricación. Por norma general, establecimos un estudio de los siguientes lotes: de 1.000.000 unidades, de 10.000.000 unidades, de 40.000.000 unidades, de 80.000.000 unidades, de 160.000.000 unidades y de 300.000.000.

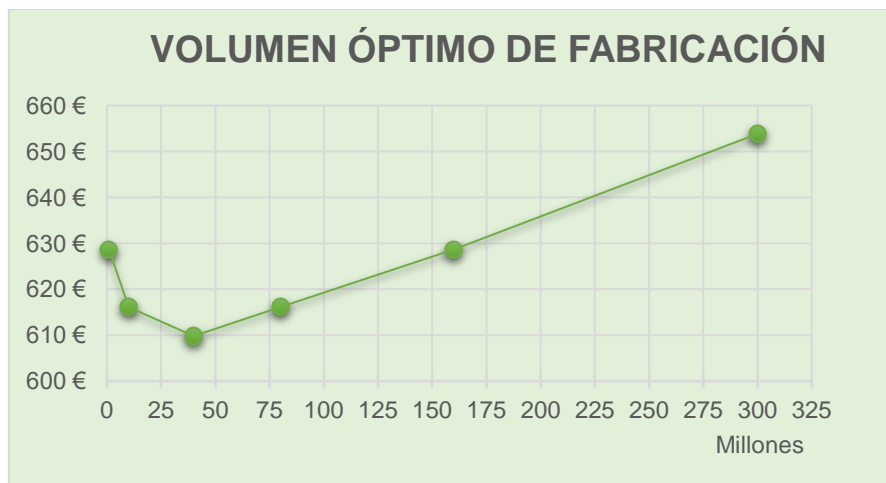
Tabla 3.4.3: Precios unitarios según los lotes de fabricación.

	1 ml uds	10 mills uds	40 mills uds	80 mills uds	160 mills uds	300 mills uds
<i>Coste total del lote</i>	6,2868 E+8	6,2868 E+9	2,51472 E+10	5,02944E+ 10	1,00589 E+11	1,88604 E+11
<i>Costes marginales</i>	1	0,98	0,97	0,98	1	1,04
<i>Coste total del lote x β</i>	6,2868 E+8	6,16106 E+9	2,439278 E+10	4,92885 E+10	1,00589 E+11	1,96148 E+11
<i>Coste bruto unitario</i>	628,68 €	616,11 €	609,82 €	616,11 €	628,68 €	653,83€
<i>I.V.A. (21%)</i>	132,02 €	129,38 €	128,06 €	129,38 €	132,02 €	137,34 €
<i>Coste neto unitario</i>	760,7 €	745,49 €	737,88 €	745,49 €	760,7 €	791,17 €

Fuente: Elaboración propia.

Analizando los datos obtenidos en la tabla 3.4.3, se realizó la gráfica de volumen óptimo de fabricación que se observa en la figura 3.4.1, la cual nos permite afirmar que el volumen óptimo de fabricación de este protector para obtener una mayor rentabilidad es aproximadamente de 40 millones de unidades. Y, por lo tanto, el precio final de fabricación unitario de cada protector, teniendo en cuenta el volumen óptimo de fabricación es aproximadamente de **737,88 euros, setecientos treinta y siete euros con ochenta y ocho céntimos.**

Fig. 3.4.1: Volumen óptimo de fabricación.



Fuente: Elaboración propia.