



Ingeniería de Materiales
ETSI Caminos, Canales y Puertos
Universidad Politécnica de Madrid

Resultados del Concurso "Reto Materiales 2020"

Autores:

Victor Rey de Pedraza (v.rey@upm.es), Rafael Sancho Cadenas (rafael.sancho@upm.es)

Resumen—En el presente documento se describen los resultados del concurso "Reto Materiales 2020", que tiene como objetivo promocionar entre alumnos de bachillerato y ESO los estudios universitarios relacionados con la Ingeniería y en especial, la Ingeniería de Materiales.

I. OBJETIVO DEL CONCURSO

El reto propuesto, ideado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid por los profesores Beatriz Sanz Merino, Gustavo Plaza Baonza, Álvaro Ridruejo Rodríguez, Francisco Javier Rojo Pérez, Francisco Gálvez Díaz-Rubio, y en el que han colaborado Blanca González Bermúdez, Víctor Rey de Pedraza Ruíz y Rafael Sancho Cadenas, consiste en diseñar una placa de material que absorba la mayor energía posible frente al impacto de un proyectil en un cañón de disparo. Para el diseño de la placa se establece una limitación de densidad media, composición y dimensiones. Los ensayos de impacto sobre los prototipos se realizaron en el Departamento de Materiales de la Escuela Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (UPM). El objetivo del reto es que la placa diseñada por el alumno sea capaz de absorber la mayor cantidad de energía posible, reduciendo la velocidad del proyectil a su salida o, en el caso óptimo, deteniéndolo completamente.

A. Criterios de valoración

Los criterios para valorar el resultado del impacto sobre cada placa atenderán, por orden de relevancia, a:

- Detención completa del proyectil por la placa
- Menor daño en la parte trasera de la placa
- Reducción de la energía cinética del proyectil a su salida de la placa
- Peso de la placa diseñada

- Dimensiones de placa

B. Jurado

Victor Rey de Pedraza Ruiz, Dr. Ingeniero de Caminos, Profesor Ayudante Doctor

Rafael Sancho Cadenas, Dr. Ingeniero de Materiales, Profesor Ayudante

II. BASES DEL CONCURSO

- 1) La competición está abierta a todos los estudiantes de 4º de ESO y Bachillerato. Los equipos pueden ser de hasta cinco estudiantes coordinados por un/a profesor/a del Centro. Cada estudiante podrá formar parte únicamente de un equipo. Sólo se permite una entrega por equipo.
- 2) Dimensiones de la placa: sección 100×100 mm², y espesor máximo 10 mm.(imprescindible cumplir estos requisitos para poder realizar el ensayo).
- 3) La densidad media de la placa debe ser menor que 1.0 kg/dm³. Es decir, la placa debe flotar en agua, como se comprobará antes de realizar el ensayo.
- 4) Material de la placa: Se podrá utilizar cualquier material de origen biológico (por ejemplo madera, papel, textil, nácar, etc), y como adhesivo únicamente cola de carpintero.
- 5) Ficha técnica: Junto con la placa, se presentará una ficha técnica, indicando los materiales utilizados, dosificación o proporciones de mezcla, y procedimiento de fabricación.
- 6) Los participantes se deberán inscribir con antelación, indicando nombre y apellidos, cursos, y correo electrónico del Profesor/a responsable.
- 7) La placa ganadora será aquella que absorba mayor energía frente al impacto de un proyectil en un

cañón de disparo. A igualdad de energía, se valorará la placa que sea más ligera.

- 8) Se otorgará un Diploma de Honor (con dotación de 300€) y tres Accésit (150, 100, 50 €). La dotación de los premios está patrocinada por SIKA.
- 9) Un jurado constituido por profesores de la Escuela de Ingenieros de Caminos otorgará los premios.

III. PLACAS RECIBIDAS Y ENSAYO

Las placas se recibieron en el Laboratorio de Materiales de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), donde se midieron y pesaron. En la tabla I se adjuntan los detalles de cada placa.

Las placas 1 y 2 se enviaron por el profesor David Rubio Rodríguez del colegio San Ignacio de Loyola. Los alumnos que participaron en la placa 1 fueron Gonzalo Echagüe, Ignacio Lara, Alicia Martín, Alejandro Solana y Teresa Pérez; mientras que los autores de la placa 2 fueron Pedro Abad, Pablo Gallego y Dolores Estepa. La placa 3 fue realizada por la alumna Laura Sánchez Belló del centro Alegre British and International School, bajo la supervisión de la profesora Ana Diaz Miguez.

Las placas recibidas se ensayaron en el cañón de disparo del Departamento de Materiales de la UPM (Figura 1). Éste se alimenta de aire comprimido, con presión de disparo regulable, permitiendo aplicar un amplio rango de velocidades de disparo. Como proyectil se empleó una bola de acero de 6.5 mm de diámetro y 1.12 gramos de peso (Figura 2). La velocidad de impacto seleccionada fue de 165 m/s.

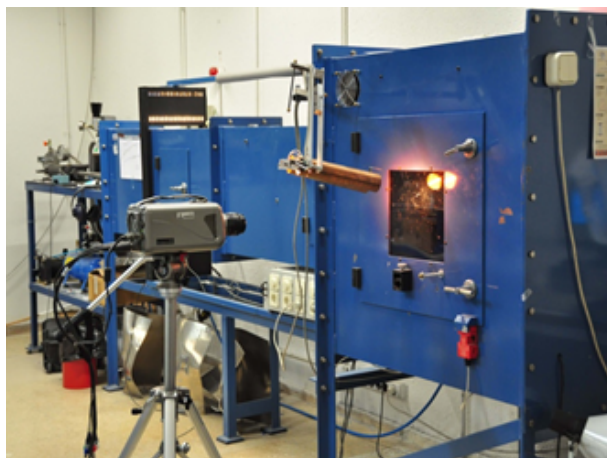


Fig. 1: Cañón de gas

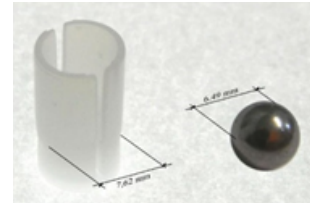
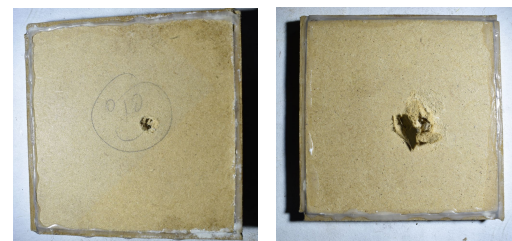


Fig. 2: Proyectil

IV. RESULTADOS IMPACTOS

En las Figuras 3, 4 y 5 puede verse el resultado del impacto sobre cada una de las placas. Las imágenes muestran las caras de incidencia y salida del proyectil. La tabla II recoge los resultados numéricos del ensayo.



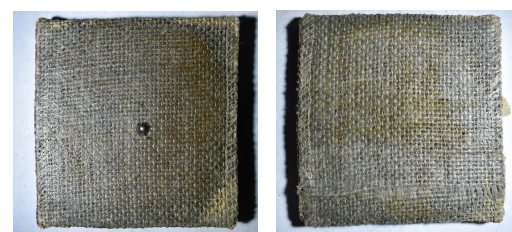
(a) Cara impacto (b) Cara posterior

Fig. 3: Ensayo Placa 1



(a) Cara impacto (b) Cara posterior

Fig. 4: Ensayo Placa 2



(a) Cara impacto (b) Cara posterior

Fig. 5: Ensayo Placa 3

Placa	Materiales	$l_1(mm)$	$l_2(mm)$	$e(mm)$	Peso (g)
1	MDF+Maicena	99.7	101.6	11.3	85
2	MDF+Cuerda Cáñamo	98.7	95	10.8	63
3	Sisal Trenzado	105.2	101.5	11.1	99

Tabla I: Detalles de las placas recibidas

Placa	Peso Proy (g)	$\Phi_{proy}(mm)$	$V_0(m/s)$	$V_{res}(m/s)$
1	1.12	6.5	167	113
2	1.12	6.5	165	0
3	1.12	6.5	167	0

Tabla II: Resultados numéricos de los ensayos

A. Impacto Placa 1

En el ensayo sobre la placa 1 se consigue una velocidad de disparo de 167 m/s. El proyectil incide en la zona central de la misma, atravesándola sin detenerse. El material de la placa hace que el proyectil pierda velocidad en su salida, restándole energía cinética pero no siendo capaz de detener su avance.



Fig. 6: Placa 1 lista para impacto

A pesar de haberse escogido madera como material exterior para el diseño de la placa y aunque se trata de una buena opción por la alta densidad de fibras que aporta el MDF, el espesor elegido no es suficiente para resistir buena parte del impacto. En el diseño se también se incluyó maicena como núcleo interno de la placa, con buena idea pero con un pequeño defecto de diseño que hizo que la mezcla de la maicena con el agua no mantuviera sus propiedades, quedando seca con el tiempo. Una buena opción hubiera sido quizá preservar la mezcla en el interior de la placa mediante algún

contenedor que evitara la degradación de la mezcla. En ese caso, el material viscoso obtenido en el interior si que hubiera aportado una buena resistencia al impacto, deteniendo el proyectil y protegiendo al blanco del daño.

B. Impacto Placa 2

En el ensayo sobre la placa 2 se consigue una velocidad de disparo de 165 m/s. Como cara de impacto se decide colocar aquella que tiene la cuerda de cáñamo, con el objetivo de que éste sea capaz de desarrollar su trabajo frenando el proyectil. El proyectil incide en la zona central de la misma, impacta sobre una de las cuerdas y es detenido por esta. No obstante, a pesar de parar el proyectil, la deflexión experimentada por la cuerda es significativa, perforando la parte posterior de la placa diseñada en madera MDF.



Fig. 7: Placa 2 lista para impacto

El diseño de esta placa es ingenioso pues combina dos materiales, la madera MDF que hace básicamente de soporte y la cuerda de cáñamo que se plantea como material resistente. El ingenio de la placa se demuestra en el hecho de que el proyectil queda detenido por la cuerda. Sin embargo, la deflexión comentada sería el siguiente objetivo a mitigar. Para ello, se podría quizá buscar un mejor anclaje o fijación de la cuerda sobre el soporte, de modo que no se permitiese la excesiva deflexión de la misma.

C. Impacto Placa 3

En el ensayo sobre la placa 3 se consigue una velocidad de disparo de 167 m/s. El impacto se produce en la parte central de la placa, la cual detiene por completo el avance del proyectil. Éste queda retenido en el interior de la placa, sin producir ningún tipo de daño en la cara de salida.

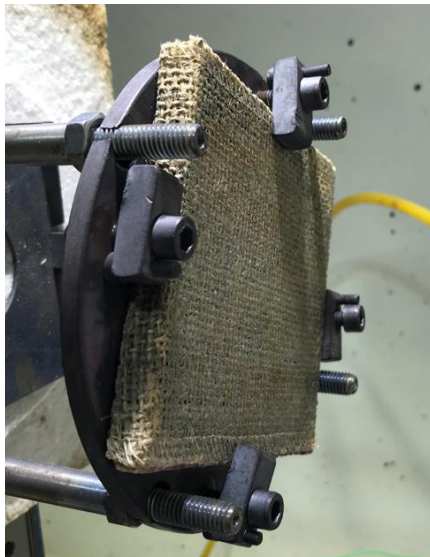


Fig. 8: Placa 3 lista para impacto

El diseño de la placa es totalmente óptimo, empleando capas de sisal trenzado como material principal. La combinación con la cola de carpintero consigue una placa compacta y resistente. Más aun, el empleo de múltiples capas de material enrolladas hace que todas ellas trabajen solidariamente mejorando la eficiencia del conjunto. Polímeros empleados para la fabricación de chalecos antibalas como la poliaramida (Kevlar) se asemejan mucho al diseño de esta placa a base de tejido de sisal.

V. PREMIOS

Teniendo en cuenta los criterios establecidos en la sección I-A, los premios del "Reto Placa Materiales 2020" quedan de la siguiente manera:

Puesto	Placa	Alumno	Premio
1º	Placa 3	Laura Sánchez Belló	300€
2º	Placa 2	Pedro Abad <i>et al.</i>	150€
3º	Placa 1	Gonzalo Echagüe <i>et al.</i>	100€

Tabla III: Premios del Reto Materiales. Más información sobre los grupos en la sección III

VI. VÍDEOS DE LOS IMPACTOS

Se adjuntan los códigos QR y enlaces para el acceso a los vídeos de alta velocidad de los impactos sobre las placas. Estos vídeos han sido tomados con cámara de alta velocidad a 80.000 imágenes por segundo y resolución de 512x128 px.



Fig. 9: Placa 1. Madera.



Fig. 10: Placa 2. Cordel.



Fig. 11: Placa 3. Sisal

- Placa 1. Madera: https://upm365-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/rafael_sancho_upm_es/ERtxMOI9ynpHqgWJjAqvtkBZK8P-Wu92Wlr-Ge6QNPkXw
- Placa 2. Cordel: https://upm365-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/rafael_sancho_upm_es/ERyFoOTu9UtCnKikfDymvIIbnq5xXVw_8pRw-mdKkajH7A
- Placa 3. Sisal: https://upm365-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/rafael_sancho_upm_es/EYmYPtOszjZGvddj5hB4fAABvh6CJCNn38-xGqvTeBGZYg

VII. AGRADECIMIENTOS

Desde la E.T.S.I de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid se quiere agradecer a la empresa SIKA® su colaboración y patrocinio del concurso "Reto Materiales 2020", haciendo posible la dotación económica de los premios.

SIKA® es una empresa especializada en productos químicos para la industria y la construcción. Mas información en su página web: <https://esp.sika.com/es/home.html>.



Fig. 12: Logo SIKA