

Anexo I

Estudio económico de la caracterización del material

Este proyecto ha presentado la caracterización de un composite formado por polipropileno H649 reforzado con fibra de bagazo de caña de azúcar en vista a conocer sus propiedades mecánicas. Se han realizado diferentes composites variando la composición del material desde un 10% de contenido en fibra hasta un 30%, aumentando la composición en pasos de 5%; además de realizar un set sin agente enlazante y otro con la inclusión de uno (MAPP). Se presenta el estudio económico para contemplar cual ha sido el coste de todo el proceso de caracterización.

En primer lugar, se ha procesado el material para garantizar una homogeneidad entre carga y polímero por extrusión. La extrusora fue programada a temperaturas de 170-180-185-190°C con un procesado de 0,3 kg/h, extruyendo 15kg de material. Tras la extrusión del material se realiza la pelletización, necesaria para poder inyectarlo en los moldes. Dicho método tiene un coste por puesta a punto de las condiciones de extrusión de 200 €. Además, cada hora de uso del equipo significa 100€. Siendo necesarias 50 horas para la extrusión del material, el coste de dicho proceso asciende a 5.200€ ($200 + 50 \cdot 100$) €. En la tabla 1 se agrupan los costes de este proceso.

Extrusión	
Cantidad de material (kg)	15
Velocidad de procesado (kg/h)	0,3
Tiempo de trabajo (h)	50
Coste puesta a punto (€)	200
Coste hora de trabajo (€)	100
Coste total (€)	5200

Tabla 1 Costes de extrusión

A continuación, se realizó la obtención de las probetas normalizadas mediante inyección. La inyectora fue programada a temperaturas de 40-170-180-180-185-190°C con un procesado de 0,6 kg/h, inyectando 15kg de material. La puesta a punto de las condiciones de inyección tiene un valor de 200€, y cada hora de uso del equipo equivale a 100€. Al ser necesarias 25 horas, el coste de este proceso asciende a 2.700€ ($200 + 25 \cdot 100$) €. En la tabla 2 se muestran los costes de este proceso.

Inyección	
Cantidad de material (kg)	15
Velocidad de procesado (kg/h)	0,6
Tiempo de trabajo (h)	25
Coste puesta a punto (€)	200
Coste hora de trabajo (€)	100
Coste total (€)	2700

Tabla 2 Costes de inyección

Para simular los procesos de reciclaje, antes de cada nueva extrusión e inyección fue necesario un triturado del material. El equipo de triturado tiene un coste de 100€ por hora de uso, y al ser necesarias 5 horas, el coste asciende a 500€ (5×100) €. En la tabla 3 se muestran los costes del triturado.

Triturado	
Tiempo de trabajo (h)	5
Coste hora de trabajo (€)	100
Coste total (€)	500

Tabla 3 Costes del triturado

Tras estos procesos de preparado del material se realizan los diferentes ensayos, mencionados a continuación. El ensayo de tracción se realiza a una temperatura regulada de 23°C con una longitud de calibre de 115 mm y a una velocidad de 5 mm/min. Se llevaron a cabo 5 medidas para cada composición diferente, realizándose un promedio (muestra) de los resultados obtenidos de esos 5 especímenes. Para dicho ensayo se requiere una puesta a punto con un coste de 40€. Por muestra, el coste es de 130€, por lo que al haber 10 muestras el coste de los ensayos asciende a 1340€ ($40 + 10 \times 130$) €. El tiempo necesario para la realización del ensayo de tracción fue de 15 horas. En la tabla 4 se muestran los costes de los ensayos de tracción.

Ensayo de tracción	
Muestras (promedios) (ud.)	10
Tiempo (h)	15
Coste puesta a punto (€)	40
Coste por muestra (€)	130
Coste total (€)	1340

Tabla 4 Costes de los ensayos de tracción

A la vez que el ensayo de tracción, se realiza el ensayo de emisión acústica, el cual tiene un coste de preparación por muestra de 20€, y un coste de 50€ por hora de uso del equipo. Al haber 10 muestras y ser necesarias 15 horas de trabajo, el coste total de este ensayo asciende a 950€ ($10 \times 20 + 15 \times 50$) €. En la tabla 5 se muestran los costes del ensayo de emisión acústica.

Ensayo de emisión acústica	
Tiempo (h)	15
Muestras (promedios) (ud.)	10
Coste de preparación de muestra (€)	20
Coste hora de trabajo (€)	50
Coste total	950

Tabla 5 Costes del ensayo de emisión acústica

Se realiza también el ensayo de impacto Charpy según la normativa ISO 179 con temperatura regulada a 23°C y una entalla en la muestra de 2 mm. El ensayo se lleva a cabo con un martillo de 1J en 5 probetas por composición, realizándose un promedio (muestra) de los resultados obtenidos. Este ensayo necesita una puesta a punto de las probetas con un coste de 20€ por muestra, y el ensayo tiene un coste de 60€ por muestra, por lo que el coste total de este ensayo es de 800€ ($10 \cdot 20 + 10 \cdot 60$) €. El tiempo necesario para la realización de los ensayos de impacto fue de 15 horas. En la tabla 6 se muestran los costes del ensayo de impacto.

Ensayo de impacto	
Muestras (promedios) (ud.)	10
Tiempo (h)	15
Coste puesta a punto de muestra(€)	20
Coste por muestra (€)	60
Coste total (€)	800

Tabla 6 Costes del ensayo de impacto

Hay que mencionar también que el técnico superior de la investigación ha realizado tanto todos los procesos mencionados previamente como el tratamiento e interpretación de los resultados obtenidos. Siendo un total de 110 horas de todos los procesos y ensayos mencionados, más 10 horas necesarias para el tratamiento e interpretación de los resultados; y siendo un coste de 50€ la hora de trabajo del técnico, el coste humano asciende a 6000€ ($120 \cdot 50$) €. En la tabla 7 se muestran los costes del técnico superior de investigación.

Técnico superior de investigación	
Horas extrusión	50
Horas inyección	25
Horas triturado	5
Horas e. tracción/e. acústica	15
Horas de ensayo de impacto	15
Horas análisis de los resultados	10
Total horas	120
Coste por hora (€)	50
Coste total (€)	6000

Tabla 7 Costes técnico superior de investigación

Sumando todos los costes calculados previamente, el coste de la caracterización de las propiedades mecánicas de este material asciende a 17.490€. En la tabla 8 se muestran todos los costes empleados para realizar la suma total.

Coste total estudio	
Coste extrusión (€)	5200
Coste inyección (€)	2700
Coste triturado (€)	500
Coste ensayo de tracción (€)	1340
Coste ensayo e. acústica (€)	950
Coste ensayo de impacto (€)	800
Coste técnico s. investigación (€)	6000
Coste total estudio (€)	17490

Tabla 8 Coste total estudio