

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCUELA POLITÈCNICA SUPERIOR DE ALCOY



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**“MEJORA DE FIBRAS SINTÉTICAS PARA LA
TECNOLOGÍA BULK CONTINUOUS
FILAMENT”**

Máster universitario en ingeniería, procesamiento y caracterización de materiales

Autor:

D. Paulino Morant Gisbert

Dirigido por:

Dr. Néstor Montañés Muñoz

Dr. Octavio Ángel Fenollar Gimeno

Julio 2020

RESUMEN

BULKY: Mejora de fibras sintéticas para la tecnología de hilado continuo voluminizado (BCF) para la fabricación de alfombras y moquetas.

El objetivo del presente proyecto es desarrollar hilos voluminizados mediante los cuales obtener alfombras y moquetas empleando materiales poliméricos de origen bio y/o reciclados.

En el desarrollo del proyecto, primeramente, se realizarán muestras de compounding empleando diversos materiales. Estas muestras de compounding serán caracterizadas llevando a cabo toda una serie de estudios y análisis, como la Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), Análisis Termogravimétricos (TGA), estudios reológicos, o el cálculo del Índice de Fluidez MFI. Con estas caracterizaciones se comprobará que mezclas son las más adecuadas para continuar el proceso y pasar a la hilatura multifilamento donde se obtendrán los hilos en su estado más primario. Una vez se obtengan los hilos de los materiales elegidos, estos serán texturizados empleando las tecnologías TASLAN y BCF, para buscar un voluminado de las fibras y que éstas se asemejen a las que se emplean en el mercado de la alfombra. Por último, de los hilos con mejores propiedades se realizarán prototipos de alfombras empleando la tecnología tufting y la de calada para generar prototipos de “backings”.

En cada una de las fases (compounding, hilatura multifilamento, texturizados TASLAN-BCF y tejedurías de calada y tufting) se efectuarán caracterizaciones para comprobar la calidad y las propiedades de las muestras obtenidas.

Palabras clave: Fibras sintéticas; polímeros “bio”; polímeros reciclados; hilado continuo voluminado (BCF); alfombras; moquetas.

SUMMARY

BULKY: Improvement of synthetic fibers for bulk continuous filament technology (BCF) for the manufacture of carpets and rugs.

The objective of this project is to develop volumized yarns through which to obtain carpets and rugs using bio and/or recycled polymeric materials.

In the development of the project, first samples of compounding will be made using various materials. These compounding samples will be characterized by carrying out a series of studies and analyzes, such as Differential Scanning Calorimetry (DSC), Thermogravimetric Analysis (TGA), rheological studies, or the calculation of the MFI Flow Index. With these characterizations, it will be verified which mixtures are the most suitable to continue the process and go to the multifilament spinning where the yarns will be obtained in their most primary state. Once the yarns of the chosen materials are obtained, they will be textured using the TASLAN and BCF technologies, to look for a volumizing of the fibers and that they resemble those used in the carpet market. Lastly, from the yarns with the best properties, prototypes of carpets will be made using the tufting technology and the puff technology to generate prototypes of "backings".

In each of the phases (compounding, multifilament spinning, TASLAN-BCF texturing and openwork weaving and tufting) characterizations will be carried out to check the quality and properties of the samples obtained.

Key words: Synthetic fibers; "bio" polymers; recycled polymers; continuous volumized yarn (BCF); rugs; carpets.

RESUM

BULKY: Millora de fibres sintètiques per a la tecnologia de filat continu voluminós (BCF) per a la fabricació de catifes i moquetes.

L'objectiu d'aquest projecte és desenvolupar fils voluminizats mitjançant els quals obtenir catifes i moquetes emprant materials polimèrics d'origen bio i / o reciclats.

En el desenvolupament del projecte, primerament es realitzaran mostres de compounding emprant diversos materials. Aquestes mostres de compounding seran caracteritzades portant a terme tot un seguit d'estudis i anàlisis, com la Calorimetria Diferencial de Rastreig (DSC), Anàlisi Termogravimètric (TGA), estudis reològics, o el càlcul de l'Índex de Fluïdesa MFI. Amb aquestes caracteritzacions es comprovarà que formulacions són les més adequades per a continuar el procés i passar a la filatura multifilament on s'obtindran els fils en el seu estat més primari. Un cop s'obtinguin els fils dels materials triats, aquests seran texturitzats emprant les tecnologies Taslan i BCF, per buscar un voluminós de les fibres i que aquestes s'assemblin a les que s'empenen en el mercat de la catifa. Finalment, dels fils amb millors propietats es realitzaran prototips de catifes emprant la tecnologia tufting i la de calada per generar prototips de "backings".

En cadascuna de les fases (compounding, filatura multifilament, texturitzats Taslan-BCF i tejeduries de calada i tufting) s'efectuaran caracteritzacions per comprovar la qualitat i les propietats de les mostres obtingudes.

Paraules clau: Fibres sintètiques; polímers "bio"; polímers reciclats; filat continu voluminós (BCF); catifes; moquetes.

Tabla de Contenidos

RESUMEN	3
SUMMARY	5
RESUM.....	7
ABREVIATURAS.....	13
LISTADO DE FIGURAS	15
LISTADO DE TABLAS.....	21
1. INTRODUCCIÓN	29
1.1. ANTECEDENTES.....	31
1.1.1. LA ALFOMBRA.....	32
1.1.2. MATERIALES EMPLEADOS EN LAS ALFOMBRAS.....	33
<i>POLIPROPILENO (PP)</i>	33
<i>POLIETILENO TEREFALATO (PET)</i>	35
<i>POLIAMIDA (PA)</i>	37
1.1.3. EL MERCADO DE LAS ALFOMBRAS.....	39
<i>ESTUDIO DEL MERCADO Y DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR</i>	41
1.1.4. EL FINAL DE VIDA DE LA ALFOMBRA Y LA ECONOMÍA CIRCULAR	48
2. OBJETIVOS	53
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	55
2.2. OBJETIVOS PARTICULARES.	55
3. EXPERIMENTAL	57
3.1. MATERIALES.	59

3.1.1.	POLÍMEROS DE ORIGEN BIO	59
	<i>POLIHIDROXIALCANATO (PHA)</i>	61
	<i>ÁCIDO POLILÁCTICO (PLA)</i>	64
	<i>BIOPOLIETILENO (bioPE)</i>	65
3.1.2.	POLÍMEROS RECICLADOS.....	65
	<i>POLIPROPILENO RECICLADO (rPP)</i>	68
	<i>POLIETILENO TEREFALATO RECICLADO (rPET)</i>	68
3.2.	ADITIVOS ESTUDIADOS.....	69
3.2.1.	ADITIVOS PARA EMPLEAR SOBRE rPP.....	70
	<i>ANHÍDRICO MALEICO (PP-g-MA)</i>	70
	<i>KRATON™ FG1901X:</i>	70
	<i>STRUKTOL:</i>	71
3.2.2.	ADITIVOS PARA EMPLEAR SOBRE rPET	72
	<i>JONCRYL ADR-4368</i>	73
	<i>XIBOND™ 920:</i>	73
3.3.	PROCESOS DE FABRICACIÓN EMPLEADOS.....	74
3.3.1.	COMPOUNDING	74
3.3.2.	HILATURA MULTIFILAMENTO	77
3.3.3.	TEXTURIZADO POR AIRE TASLAN.....	80
3.3.4.	TEXTURIZADO BCF	82
3.3.5.	TECNOLOGÍA TUFTING.....	85
3.4.	PRUEBAS REALIZADAS	87
3.4.1.	FORMULACIONES FUNCIONALIZADAS	88
3.4.2.	CARACTERIZACIÓN DE LAS FORMULACIONES FUNCIONALIZADAS.....	93
	<i>ESTUDIO REOLÓGICO DE LOS MATERIALES</i>	93

ESTUDIO DEL MELT FLOW RATE (MFR) DE LOS MATERIALES.....	100
CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC) DE LAS MATERIAS RECICLADAS.....	112
ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO (TGA) DE LOS MATERIALES RECICLADOS.....	115
3.4.3. HILATURA DE FIBRAS MULTIFILAMENTO.....	119
HILATURA CON SECCIONES ESPECIALES:	123
3.4.4. CARACTERIZACIÓN DE LOS HILOS MULTIFILAMENTO	125
3.4.5. TEXTURIZADO DE LOS HILOS	129
TEXTURIZADO POR AIRE TASLAN.....	129
TEXTURIZADO BULK CONTINUOUS FILAMENT (BCF)	134
3.4.6. CARACTERIZACIÓN DE LOS HILOS TEXTURIZADOS	135
CARACTERIZACIÓN DE LOS HILOS TEXTURIZADOS POR AIRE TASLAN	135
CARACTERIZACIÓN DE LOS HILOS TEXTURIZADOS POR BCF	135
3.4.7. FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS.....	136
FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS DE TUFTING.....	136
FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS DE CALADA.....	142
3.4.8. CARACTERIZACIÓN DE LOS PROTOTIPOS.....	144
CARACTERIZACIÓN DE LOS PROTOTIPOS DE TUFTING	144
CARACTERIZACIÓN DE LOS TEJIDOS DE CALADA.....	146

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN149

4.1. RESULTADOS OBTENIDOS	151
4.1.1. RESULTADOS COMPOUNDING.....	152
4.1.2. RESULTADOS HILATURA.....	153
4.1.3. RESULTADOS TEXTURIZADO	154
4.1.4. RESULTADOS PROTOTIPOS.....	155

5. DIFUSIÓN DEL PROYECTO.....	157
5.1. ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN	159
6. TRANFERENCIA DE CONOCIMIENTO.....	165
6.2. TRANSFERENCIA A EMPRESAS	167
7. PRESUPUESTO	169
7.1 PRESUPUESTO	171
8. CONCLUSIONES.....	175
8.1. CONCLUSIONES DEL PROYECTO	177
REFERENCIAS	179

ABREVIATURAS

ABS	Acrilonitrilo Butadieno Estireno
BCF	Bulk Continuous Filament
bioPE	Polietileno de origen bio
°C	Grados Celsius
D	Diámetro
DSC	Calorimetría Diferencial de Barrido
dTex	Decitex
dpf	Denier por filamento
FDY	Full drawn yarn
GMA	Metacrilato de Glicidilo
h	Hora
Kg	Kilogramo
Kn	KiloNewton
L	Longitud
MFR	Melt Flow Rate
mm	Milímetros
MPa	Megapascal
PA	Poliamida
PC	Policarbonato
PE	Polietileno

PHA	Polihidroxialcanato
PES	Poliéster
PET	Tereftalato de polietileno
POY	Partial oriented yarn
PP	Polipropileno
R	Real
rpm	Revoluciones por minuto
rPP	Polipropileno reciclado
RRHH	Recursos humanos
SEM	Scanning Electron Microscope
SSEE	Servicios Externos
T	Temperatura
TGA	Análisis Termogravimétrico
V	Velocidad
W	Velocidad de bobinado

LISTADO DE FIGURAS

Ilustración 1: Descomposición de una alfombra o moqueta en sus componentes principales	32
Ilustración 2: Diferenciación entre alfombra y moqueta en la sección transversal. a) Sección transversal de una alfombra, ya que cuenta con corte del "pelo". b) Sección transversal de una moqueta, ya que no se corta el hilo y tiene la forma conocida como "loop".....	32
Ilustración 3: Formulación del polipropileno (PP)	34
Ilustración 4: Formulación de polietileno tereftalato	35
Ilustración 5: Proceso de obtención del PET mediante la condensación del Etilenglicol	35
Ilustración 6: a) Conjunto de alfombras de diversos colores fabricadas en 100% algodón. b) Muestra en ambiente de una alfombra con diseño poligonal fabricada en material sintético (polipropileno)	39
Ilustración 7: Conjunto de muestras de alfombras acrílicas en diversas tonalidades de color	41
Ilustración 8: Gráfica de la información del volumen de facturación, número de empresas y empleados en el mercado de la Comunidad Valenciana según los datos del INE.....	42
Ilustración 9: Pala de vertedero recogiendo residuos acumulados.....	48
Ilustración 10: Imagen de los humos provocados por la incineración de residuos enviados a la atmósfera.	49
Ilustración 11: Esquema comparativo entre la economía lineal y circular de las alfombras	50
Ilustración 12: Eventos o ferias donde se emplean gran cantidad de alfombras para la decoración	51
Ilustración 13: Gráfico de clasificación de los polímeros según sean biobasados, basados fósiles, biodegradables o no biodegradables.....	60
Ilustración 14: Estructura general de los PHA	61

Ilustración 15: Esquema del gránulo de PHA acumulado intracelularmente.	62
Ilustración 16: Esquema del proceso de reciclaje de objetos desechados para de esta forma obtener granza con la que realizar nuvos productos.....	66
Ilustración 17: Muestra de las diversas etapas que componen el proceso completo del reciclado mecánico	67
Ilustración 18: Conjunto de pellets de granza de diversas materias recicladas y listas para un segundo procesado.....	68
Ilustración 19: Esquema de la planta piloto de compounding. Se muestran la extrusora, los dosificadores, el baño de enfriamiento y la pelletizadora.	74
Ilustración 20: Pareja de dosificadores gravimétricos. (Izq. Para granza) (Der. Para polvo)	75
Ilustración 21: izq) Posición del doble husillo co-rotante en la extrusora. Der) Diversas disposiciones y clases de husillos empleados en el proceso de compounding.	75
Ilustración 22: Baño de refrigeración de la planta de compounding.	76
Ilustración 23: Esquema de la planta de hilatura por fusión multifilamento.	77
Ilustración 24: Izq) Esquema de un cabezal o "spin pack" con sus diversos componentes ya montados. Der) Conjunto de orificios que pueden emplearse en la realización del diseño de un spinneret para conseguir hilos con diversa sección transversal	78
Ilustración 25: Izq.) Rodillos de estiraje y relajación de la planta piloto hilatura por fusión multifilamento junto a la bobinadora Der) Plano general de la planta piloto de hilatura por fusión multifilamento	79
Ilustración 26: Izq.) Planta de texturizado por chorro de aire (TASLAN). Der) Esquema de las diversas zonas del proceso de texturizado por chorro de aire (TASLAN)	80
Ilustración 27: Comparativa de los esquemas de jets tipo radial y jet de tipo axial.	81
Ilustración 28: Esquema del proceso en un solo paso, que combina la hilatura, el estiraje y el texturizado.	82
Ilustración 29: Esquema de la planta de texturizado BCF independiente a la planta de hilatura.....	83
Ilustración 30: Esquema de la técnica de texturizado BCF por Stuffed-box	83

Ilustración 31: Der) Esquema de la zona de turbulencia por chorro de aire. Izq.) Esquema del tambor de enfriamiento lento.....	84
Ilustración 32: Robot y marco de la planta experimental de Tufting.....	85
Ilustración 33: Pistola de mechones mediante la que se realizan los prototipos de alfombras y moquetas.....	85
Ilustración 34: Comparativa entre el mechón de hilo (alfombras) y el bucle o loop formado al no realizar el corte (moquetas).....	86
Ilustración 35: Gráfica de la reología realizada a la formulación del PP-561R.....	94
Ilustración 36: Gráfica de la reología realizada a la formulación del rPP gris.....	95
Ilustración 37: Gráfica de la reología realizada a la formulación del rPP negro	95
Ilustración 38: Gráfica comparativa de las reologías realizadas a los materiales base...	96
Ilustración 39: Gráfica de la reología realizada a la mezcla 80% rPP gris +17% PP 561-R + 3% Maleico	97
Ilustración 40: Gráfica de la reología realizada a la mezcla 60% rPP gris +37% PP 561-R + 3% Maleico	97
Ilustración 41: Gráfica de la reología realizada a la mezcla 40% rPP gris +57% PP 561-R + 3% Maleico	98
Ilustración 42: Gráfica de la reología realizada a la mezcla 80% rPP negro +17% PP 561-R + 3% Maleico	98
Ilustración 43: Gráfica de la reología realizada a la mezcla 60% rPP negro +37% PP 561-R + 3% Maleico	99
Ilustración 44: Gráfica de la reología realizada a la mezcla 40% rPP negro +57% PP 561-R + 3% Maleico	99
Ilustración 45: Gráfica de los resultados de la caracterización MFR del PP 561-R a 190 °C, 230 °C y 250 °C	101
Ilustración 46: Gráfica de los resultados de la caracterización MFR del rPP gris a 190 °C, 230 °C y 250 °C	102
Ilustración 47: Gráfica de los resultados de la caracterización MFR del rPP negro a 190 °C, 230 °C y 250 °C	103

Ilustración 48: Grafica comparativa de los resultados de las materias base (PP 561-R, rPP gris y rPP negro).....	104
Ilustración 49: Gráfica de los resultados de la caracterización MFR de la formulación 80% rPPgris + 17% PP 561R + 3%Maleico a 190 °C, 230 °C y 250 °C	105
Ilustración 50: Gráfica de los resultados de la caracterización MFR de la formulación 60% rPPgris + 37% PP 561R + 3%Maleico.....	106
Ilustración 51: Grafica de los resultados de la caracterización MFR de la formulación 40% rPPgris + 57% PP 561R + 3%Maleico.....	107
Ilustración 52: Grafica de los resultados de la caracterización MFR de la formulación 800% rPPnegro + 17% PP 561R + 3%Maleico.....	108
Ilustración 53: Gráfica de los resultados de la caracterización MFR de la formulación 60% rPPnegro + 37% PP 561R + 3%Maleico	109
Ilustración 54: Gráfica de los resultados de la caracterización de la formulación 40% rPPnegro + 57% PP 561R + 3%Maleico	110
Ilustración 55: Grafica comparativa de los resultados de las diferentes formulaciones respecto al polipropileno 561-R.....	111
Ilustración 56: Gráfico calorimétrico de la muestra rPP GRIS.	113
Ilustración 57: Gráfico calorimétrico de la muestra rPP NEGRO.....	113
Ilustración 58: Comparativa de los DSC de los polipropilenos reciclados gris y negro	114
Ilustración 59: Resultados del análisis termogravimétrico del rPP gris	116
Ilustración 60: Resultados de la termogravimetría del rPP negro.....	117
Ilustración 61: Gráfica comparativa de los resultados de los análisis termogravimétricos realizados a las materias recicladas	117
Ilustración 62: Izq.) Imagen del Spinneret del cabezal multifilamento con sección especial N. Der.) Imagen del spinneret del cabezal multifilamento con sección especial Trilobal	123
Ilustración 63: Izq.) Ejemplo de microscopía electrónica de barrido del hilo multifilamento con sección especial N. Der.) Ejemplo de microscopía electrónica de barrido del hilo multifilamento con sección especial trilobal	123

Ilustración 64: Grafica de la comparativa de la variación de título de las materias recicladas	127
Ilustración 65: Grafica de la comparativa de la variación de tenacidad de las materias recicladas	127
Ilustración 66: Gráfica de los resultados comparativos de las tenacidades de los hilos basándose en el cabezal de hilatura empleado	128
Ilustración 67: Conjunto de resultados obtenidos en el marco del proyecto BULKY ..	151
Ilustración 68: Granzas base de polipropileno virgen y reciclado empleadas en el proyecto	152
Ilustración 69: Hilos multifilamentos desarrollado durante el proyecto	153
Ilustración 70: Bobinas de hilos texturizados por aire TASLAN de rPP negro/gris combiandos entre sí y con hilo rojo	154
Ilustración 71: Pompones de muestra de hilos obtenidos a partir del texturizado BCF	154
Ilustración 72: Superior Izq) Conjunto de prototipos de alfombras y moquetas realizadas con los hilos de rPP / Superior Der) Prototipo de alfombra rectangular realizada con rPP / Inferior Izq) Tejidos de calada realizados en el proyecto / Inferior der) Prototipo de alfombra circular.	156
Ilustración 73: Ejemplos más profesionales realizados en el marco del proyecto BULKY empleando materias fuera de las formulaciones mencionadas en el trabajo. Izq.) Alfombra completa con el logo del proyecto. Der.) Alfombra formada por cuatro conjuntos de hilos diferentes situados paralelamente.	156
Ilustración 74: Imagen representativa de la difusión	159
Ilustración 75: Imagen de las ideas y de la sostenibilidad que busca el proyecto	178

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Producción mundial de hilos BCF para la fabricación de alfombras (en miles de millones de Kg y en porcentajes globales).....	31
Tabla 2: Actividad de las empresas a nivel nacional según esta sea interior o exterior.	43
Tabla 3: Información del número de empresas, facturación (en Millones de €) y empleados a nivel nacional dividido por comunidad autónoma y sus porcentajes	44
Tabla 4: Actividad de las empresas a nivel de la Comunidad Valenciana según esta sea interior o exterior.....	45
Tabla 5: Clasificación de las empresas de la Comunidad Valenciana según el tamaño de estas, basándose en el número de empleados del que disponen.....	45
Tabla 6: Indicación de las diversas empresas de la Comunidad Valenciana que pueden ser beneficiarias del proyecto y clasificación de estas según su subsector y su producto o actividad de aplicación.....	47
Tabla 7: Valores de temperatura de procesado de la mezcla 80% rPPgris + 17 % PP 561-R + 3% Maleico	88
Tabla 8: Valores de procesado de la mezcla de 80% rPPgris + 17% PP 561-R virgen + 3% Anhídrido Maleico	88
Tabla 9: Valores de temperatura de procesado de la mezcla 60% rPPgris + 37 % PP 561-R + 3% Maleico	88
Tabla 10: Valores de procesado de la mezcla de 60% rPP gris + 37% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico	88
Tabla 11: Valores de temperatura de procesado de la mezcla 40% rPPgris + 57 % PP 561-R + 3% Maleico	89
Tabla 12: Valores de procesado de la mezcla de 40% rPP gris + 57% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico	89
Tabla 13: Valores de temperatura de procesado de la mezcla 30% rPPgris + 67 % PP 561-R + 3% Maleico	89
Tabla 14: Valores de procesado de la mezcla de la mezcla 30% rPPgris + 67 % PP 561-R + 3% Maleico.....	89

Tabla 15: Valores de temperatura de procesado de la mezcla de 20% rPPgris + 76 % PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent.....	89
Tabla 16: Valores de procesado de la mezcla de 20% rPPgris + 76 % PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip	90
Tabla 17: Valores de temperatura de procesado de la mezcla 80% rPPnegro + 17 % PP 561-R + 3% Maleico	90
Tabla 18: Valores de procesado de la mezcla de 80% rPPnegro+ 17% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico	90
Tabla 19: Valores de temperatura de procesado de la mezcla 60% rPPnegro + 37 % PP 561-R + 3% Maleico	90
Tabla 20: Valores de procesado de la mezcla de 60% rPP negro + 37% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico	90
Tabla 21: Valores de temperatura de procesado de la mezcla 40% rPPnegro + 57 % PP 561-R + 3% Maleico	91
Tabla 22: Valores de procesado de la mezcla de 40% rPP negro + 57% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico	91
Tabla 23: Valores de temperatura de procesado de la mezcla 30% rPPnegro + 67 % PP 561-R + 3% Maleico	91
Tabla 24: Valores de procesado de la mezcla de 30% rPP negro + 67% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico	91
Tabla 25. Valores de temperatura de procesado de la mezcla 20% rPPnegro + 76 % PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent.....	91
Tabla 26: Valores de procesado de la mezcla de 20% rPP negro + 76% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico + 1% Slip Agent.....	92
Tabla 27: Características técnicas del equipo de Reología Capilar.....	94
Tabla 28: Características técnicas del equipo de MFR.....	100
Tabla 29: Resultados de la caracterización MFR del PP 561-R a 190 °C, 230 °C y 250 °C	101
Tabla 30: Resultados de la caracterización MFR del rPP gris a 190 °C, 230 °C y 250 °C	102

Tabla 31: Resultados de la caracterización MFR del rPP negro a 190 °C, 230 °C y 250 °C	103
Tabla 32: Resultados de la caracterización MFR de la formulación 80% rPPgris + 17% PP 561R + 3%Maleico a 190 °C, 230 °C y 250 °C.....	105
Tabla 33: Resultados de la caracterización MFR de la formulación 60% rPPgris + 37% PP 561R + 3%Maleico	106
Tabla 34: Resultados de la caracterización MFR de la formulación 40% rPPgris + 57% PP 561R + 3%Maleico	107
Tabla 35: Resultados de la caracterización MFR de la formulación 80% rPPnegro + 17% PP 561R + 3%Maleico.....	108
Tabla 36: Resultados de la caracterización MFR de la formulación 60% rPPnegro + 37% PP 561R + 3%Maleico.....	109
Tabla 37: Resultados de la caracterización MFR de la formulación 40% rPPnegro + 57% PP 561R + 3%Maleico.....	110
Tabla 38: Características técnicas del equipo DSC Mettler-Toledo 821	112
Tabla 39: Condiciones de ensayo utilizadas en la Calorimetría Diferencia de Barrido (DSC)	113
Tabla 40: Características técnicas del equipo LINSEIS TGA PT 1000	115
Tabla 41: Condiciones de ensayo utilizadas en la Caracterización Termogavimétrica (TGA)	115
Tabla 42: Resultados de los análisis TGA de las materias recicladas.....	117
Tabla 43: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de PLA.....	119
Tabla 44: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de bioPE	119
Tabla 45: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de PHA.....	120
Tabla 46: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPgris 80% + PP 17% + Maleico 3	120
Tabla 47: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPgris 60% + PP 37% + Maleico 3	120

Tabla 48: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPgris 40% + PP 57% + Maleico 3	120
Tabla 49: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPgris 30% + PP 67% + Maleico 3	120
Tabla 50: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPgris 20% + PP 77% + Maleico 3	121
Tabla 51: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPnegro 80% + PP 17% + Maleico 3	121
Tabla 52: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPnegro 60% + PP 37% + Maleico 3	121
Tabla 53: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPnegro 40% + PP 57% + Maleico 3	121
Tabla 54: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPnegro 30% + PP 67% + Maleico 3	121
Tabla 55: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPnegro 20% + PP 77% + Maleico 3	122
Tabla 56: Parámetros de producción de los hilos multifilamento con sección trilobal de PLA.....	124
Tabla 57: Parámetros de producción de los hilos multifilamento con sección N de rPPgris 20% + PP 76% + Maleico 3%	124
Tabla 58: Parámetros de producción de los hilos multifilamento con sección Trilobal de rPPgris 20% + PP 76% + Maleico 3%	124
Tabla 59: Parámetros de producción de los hilos multifilamento con sección N de rPPnegro 20% + PP 76% + Maleico 3%.....	124
Tabla 60: Parámetros de producción de los hilos multifilamento con sección Trilobal de rPPnegro 20% + PP 76% + Maleico 3%.....	124
Tabla 61: Parámetros del ensayo de tracción de los hilos multifilamento	125
Tabla 62: Resultados de las caracterizaciones de los hilos multifilamento mediante tracciones.....	126
Tabla 63: Parámetros de producción del texturizado TASLAN de los hilos de: PLA ..	129

Tabla 64: Parámetros de producción del texturizado TASLAN de los hilos de bioPE	130
Tabla 65: Parámetros de producción del texturizado TASLAN de los hilos de PHA..	130
Tabla 66: Parámetros de producción del texturizado TASLAN de los hilos de 40% rPPgris + 56% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent:	131
Tabla 67: Tabla 58: Parámetros de producción del texturizado TASLAN de los hilos de 30% rPPgris + 66% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent:.....	131
Tabla 68: Tabla 58: Parámetros de producción del texturizado de los hilos de 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent:	132
Tabla 69: Parámetros de producción del texturizado TASLAN de los hilos de 40% rPPnegro + 56% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent	132
Tabla 70: Parámetros de producción del texturizado TASLAN de los hilos de 30% rPPnegro + 66% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent	133
Tabla 71: Parámetros de producción del texturizado TASLAN de los hilos de 20% rPPnegro + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent.....	133
Tabla 72: Parámetros de producción del texturizado BCF de los hilos de 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent	134
Tabla 73: Parámetros de producción del texturizado BCF de los hilos de 20% rPPnegros + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent	134
Tabla 74: Resultados de las caracterizaciones de los hilos texturizados por TASLAN mediante tracciones	135
Tabla 75: Resultados de las caracterizaciones de los hilos texturizados por BCF mediante tracciones.....	135
Tabla 76: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 1: 20% rPPgris + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent.....	136
Tabla 77: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 2: 20% rPPgris + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent.....	137
Tabla 78: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 3: 20% rPPgris + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent.....	137
Tabla 79: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 4: 20% rPPgris + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent.....	137

Tabla 80: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 5: 20% rPPgris + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent.....	138
Tabla 81: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 6: 20% rPPgris + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent.....	138
Tabla 82: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 7: 20% rPPgris + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent.....	138
Tabla 83: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 8: 20% rPPgris + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent.....	139
Tabla 84: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 9: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent.....	139
Tabla 85: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 10: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent	139
Tabla 86: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 11: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent	140
Tabla 87: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 12: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent	140
Tabla 88: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 13: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent	140
Tabla 89: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 14: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent	141
Tabla 90: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 15: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent	141
Tabla 91: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 16: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent	141
Tabla 92: Parámetros de producción del tejido 1: Hilo bioPE.....	142
Tabla 93: Parámetros de producción del tejido 2: Hilo bioPE.....	142
Tabla 94: Parámetros de producción del tejido 3: Hilo PLA	142
Tabla 95: Parámetros de producción del tejido 4: Hilo PLA Backing.....	143
Tabla 96: Parámetros de producción del tejido 5: Hilo PLA Backing.....	143

Tabla 97: Parámetros de producción del tejido 6: Hilo 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent	143
Tabla 98: Parámetros de producción del tejido 7: Hilo 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent	143
Tabla 99: Parámetros de producción del tejido 8: Hilo 20% rPPnegro + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent.....	143
Tabla 100: Parámetros de producción del tejido 9: Hilo 20% rPPnegro + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent.....	144
Tabla 101: Resultados de las caracterizaciones por "arranque de penacho" de los prototipos de alfombras	145
Tabla 102: Resultados de las caracterizaciones por "recuperación de la fibra a una carga estática" de los prototipos de alfombras	146
Tabla 103: Datos de ajuste de la velocidad de extensión para el ensayo de tracción de los prototipos de calada.....	146
Tabla 104: Resultados de las caracterizaciones por "tracción" de los prototipos de tejidos de calada	148
Tabla 105: Propiedades finales de arranque de penacho de las muestras tufting realizadas.....	155
Tabla 106: Propiedades finales de recuperación de forma de las muestrastufting realizadas.....	155
Tabla 107: Resultados finales de las tracciones realizadas a los prototipos de calada .	155
Tabla 108: Tabla de RRHH del proyecto con las horas totales y su repartición mensual.	171
Tabla 109: Tabla de gastos de SSEE participantes en el proyecto.....	172
Tabla 110: Tabla de gastos en compras realizadas dentro del proyecto.....	172
Tabla 111: Presupuesto final del proyecto	173

1. INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES.

La problemática actual que existe en el mundo de la producción de fibras destinadas a la fabricación de alfombras es que gran parte de estas son sintéticas y provienen de fuentes no renovables. Concretamente, en la Tabla 1 se muestra el consumo mundial de las fibras “Bulk Continuous Filament” (BCF) que se emplean para la fabricación de alfombras o moquetas se reparte de la siguiente forma: 51.58% polipropileno, 47,1% poliamida y sobre un 1,32% poliéster. (Deans, 2018)

Tabla 1: Producción mundial de hilos BCF para la fabricación de alfombras (en miles de millones de Kg y en porcentajes globales)

Tipo de fibra	Miles de Millones de Kg - % Global
PA BCF	995 - (47,1%)
PP BCF	1.090 - (51.58%)
PES, PTT BCF	28 - (1,32%)
BCF TOTAL	2.113 - (100%)

La situación actual ha provocado que la población cuestione el empleo de este tipo de materiales, ya que existe una escasez y un incremento del precio del petróleo, un aumento de las emisiones de CO₂ durante la extracción y producción de este tipo de fibras, la deficiente gestión de los residuos textiles y a todo esto se suma el aumento de la concienciación ambiental que no apoya estas prácticas. Es aquí donde se quiere desarrollar y mejorar fibras sintéticas para que sean respetuosas con el medioambiente para poder aplicar sobre alfombras y moquetas.

Estas fibras desarrolladas pretenden desplazar a las actuales fibras empleadas en la fabricación de alfombras (polipropileno, poliamida o acrílica), teniendo además unas características físicas iguales a estas, pero con un valor añadido de proceder de fuentes renovables o de ser de materias recicladas.

I. INTRODUCCIÓN

1.1.1. LA ALFOMBRA

La alfombra es un elemento decorativo que se ha empleado desde hace cientos de años con finalidad decorativa y por comodidad en gran cantidad de hogares, lugares públicos, ferias... Este elemento está compuesto por diversos componentes principales tal y como se explica a continuación y puede verse en la ilustración 1.

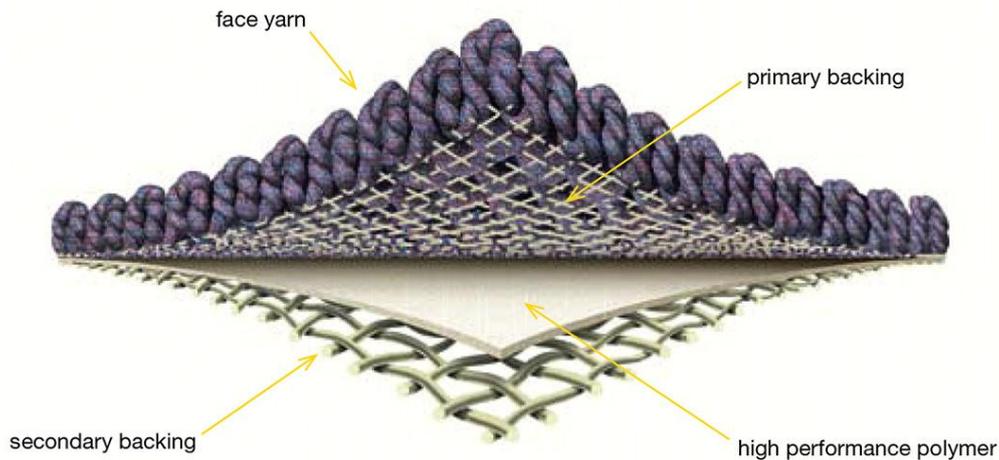


Ilustración 1: Descomposición de una alfombra o moqueta en sus componentes principales

Pelo: Es la parte fundamental de las alfombras, dependiendo del tipo de material empleado, la longitud y grosos de estos, así como variando diversos parámetros se obtendrán alfombras muy diferenciadas en cuanto a aspecto y tacto y de calidades diferentes. Estos hilos se introducen en el interior del backing donde quedan enganchados. Existen dos formas principales de colocación del hilo, la primera es la de insertarlo y cortar para fabricar las conocidas alfombras, mientras que, si no se realiza el corte citado, se fabricará una moqueta. Esto se puede apreciar en la ilustración 2.



Ilustración 2: Diferenciación entre alfombra y moqueta en la sección transversal. a) Sección transversal de una alfombra, ya que cuenta con corte del "pelo". b) Sección transversal de una moqueta, ya que no se corta el hilo y tiene la forma conocida como "loop".

I. INTRODUCCIÓN

Backing Primario: Este componente es fundamental en la estructura de una alfombra o moqueta, ya que es la base donde se anclan los pelos y el que proporciona una estabilidad estructural al conjunto y permite que el producto mantenga su forma por tiempo duradero.

Látex/Adhesivo: La función del látex o adhesivo en la fabricación de alfombras y moquetas no es otra que la de unir los hilos que conforman el pelo al backing para impedir que el producto se deshaga. La durabilidad y mantenimiento de sus propiedades es algo limitado y debido a esto, con el paso del tiempo comienzan a notarse el deterioro en forma de aparición de un polvillo debajo de la alfombra.

Backing Secundario: Es muy similar al backing primario, ya que proporciona al producto una resistencia estructural y le permite mantener su forma. Juntos, el primario y secundario ayudan a que las alfombras sean duraderas y versátiles durante toda la vida útil del producto

1.1.2. MATERIALES EMPLEADOS EN LAS ALFOMBRAS

En el marco de este proyecto se analiza exclusivamente el sector de las alfombras sintéticas, por este motivo simplemente se va a estudiar materiales termoplásticos y se dejarán de lado otros como pueden ser los materiales naturales (lana, algodón, yute, fibra de coco...)

POLIPROPILENO (PP)

El PP es uno de los polímeros con más versatilidad dentro del mercado, en base a que se puede emplear tanto como plástico como fibra. En cuanto a su uso como plástico tiene la ventaja de que pueden realizarse productos para tener contacto con la comida y que se pueden introducir en el lavavajillas, ya que no llega a fundir por debajo de los 160°C. En el caso de su uso en forma de fibra, estas se emplean para la realización de alfombras tanto para el interior como para el exterior, esto se debe a que el polipropileno es muy fácil de colorear, por lo que para decoración de exteriores se emplea mucho. Y como segundo dato más importante, es un material que no absorbe el agua, así que puede mantenerse a la intemperie aunque las condiciones climatológicas sean adversas.

I. INTRODUCCIÓN

En la polimerización del polipropileno, se emplean catalizadores estereoespecíficos, que conseguían orientar los grupos $-CH_3$ de una manera sistemática, cuando se logró un grado de cristalinidad elevado. Así el polipropileno (PP) que se obtuvo, en vez de ser líquido y oleoso o sólido gomoso, fue extremadamente duro, rígido y con una muy baja densidad (0.90 g/cm^3).

Entre sus propiedades cabe destacar su alto punto de fusión (no funde por debajo de los 160° C), una gran rigidez, alta resistencia a la rotura y a la abrasión, propiedades dieléctricas, bajo rozamiento, superficie brillante y flotación en agua. Es resistente a los ácidos, a los álcalis y a muchos disolventes orgánicos. También es resistente al agua hirviendo pudiendo esterilizarse a temperaturas de hasta 140° C sin temor a la deformación

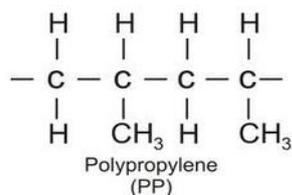


Ilustración 3: Formulación del polipropileno (PP)

Ventajas

- Ligero
- Alta resistencia a la tensión y a la compresión
- Excelentes propiedades dieléctricas
- Resistencia a la mayoría de los ácidos y álcalis
- Bajo coeficiente de absorción de humedad

Aplicaciones

- Tanque y depósitos para químicos
- Mobiliario de laboratorio
- Placas de presión para filtros
- Componentes para bombas
- Prótesis, etc.
- No es tóxico
- Fibras textiles

I. INTRODUCCIÓN

POLIETILENO TEREFALATO (PET)

El polietileno tereftalato (ilustración 4) es un polímero lineal que cuenta con un elevado grado de cristalinidad y un comportamiento termoplástico, lo que hace que sea adecuado para su uso en procesos de extrusión, inyección, inyección soplado y termoformado. Es muy duro, resiste al desgaste, dimensionalmente se considera estable, resiste a los agentes químicos y tiene propiedades dieléctricas favorables.

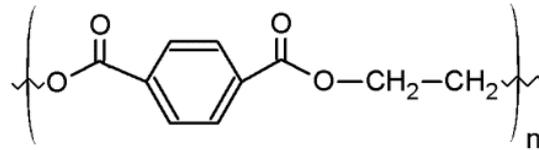


Ilustración 4: Formulación de polietileno tereftalato

El PET es un material con una baja temperatura de reblandecimiento o también conocida como temperatura de transición vítrea. Debido a esto, productos fabricados con este material no pueden estar expuestos a temperaturas superiores a la de transición vítrea, ya que de ser así se deformaría la pieza.

El proceso de obtención del PET que se muestra en la ilustración 5, tiene lugar condensando el etilenglicol y el ácido tereftálico, siendo este el que toma el papel primario en fibras o materiales empleados en labores de moldeo. A continuación, se muestra una imagen donde se explica gráficamente el proceso (Ilustración 5).

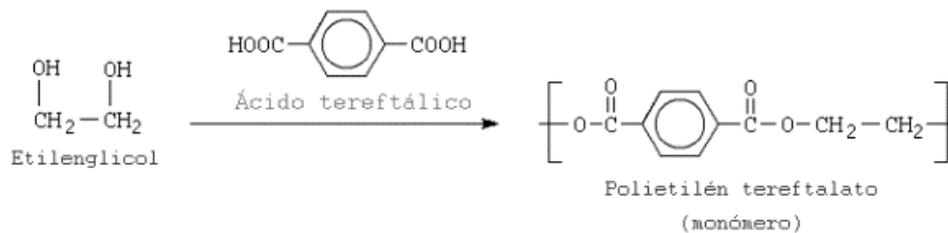


Ilustración 5: Proceso de obtención del PET mediante la condensación del Etilenglicol

Tipos de PET:

Existen tres tipos diferentes de PET, *el grado textil, el grado botella y el grado film*, siendo el primero de estos el que interesa en el desarrollo de este proyecto, ya que la finalidad es la fabricación de prototipos de alfombras y moquetas.

I. INTRODUCCIÓN

El *grado textil*: Fue la primera aplicación a nivel industrial que se le dio al PET. Durante el desarrollo de la Segunda Guerra Mundial este material fue empleado para la sustitución de las fibras naturales que se empleaban antaño como el algodón o el lino. Este material es óptimo para su utilización en fibras textiles debido a que cuenta con propiedades como la estabilidad dimensional o resistencia a la deformación además de que una vez desarrolladas las prendas estas fibras tienen un mantenimiento muy sencillo. A pesar de esto cuenta con puntos débiles o desventajas como por ejemplo que su tintura es bastante complicada, al igual que la propensa formación de pilin (generación de bolitas) en las prendas o la electricidad estática que genera. (Quiminet, 2005)

El *grado botella*: Este grado de poliéster se fabricó por primera vez en el continente europeo al redor del año 1974. Desde su aparición su incremento en el consumo ha sido muy grande debido en parte a que este material resiste muy bien los agentes químicos, cuenta con una gran transparencia, es ligero, y los costes de la fabricación son reducidos. Suele emplearse para botellas de agua mineral de consumo, al igual que más recientemente se emplea en envasado de productos de farmacia o alimentarios. (Quiminet, 2005)

El *grado film*: Este grado de polietileno es empleado en el mundo de las cámaras entre otros, para la realización de películas fotográficas, de rayos X y de audio. (Quiminet, 2005)

Características del polietileno tereftalato:

Se procede a enumerar las propiedades más destacadas de este material: (Quiminet, 2005)

- Cuenta con un buen comportamiento contra esfuerzos permanentes.
- Su cristalinidad.
- Tiene una elevada resistencia al desgaste.
- Su coeficiente de deslizamiento es muy bueno.
- Buena resistencia química.
- Óptimas propiedades térmicas.
- Muy buena barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad.

I. INTRODUCCIÓN

- Es un material completamente reciclable.
- Su uso para la fabricación de productos para uso alimentario está aprobado.
- Buena viscosidad intrínseca: La VI (Viscosidad Intrínseca) del material es dependiente de la longitud de su cadena polimérica. Entre más larga la cadena polimérica, más rígido es el material y por lo tanto más alta la VI.
- Polímero ligero.
- Cuenta con una transparencia elevada, al igual que el brillo.

Aplicaciones del polietileno tereftalato:

Dentro de las diversas aplicaciones que se le pueden dar al PET, se encuentran: envases de bebidas como aguas, refrescos, aceite, zumos, tés, vinos y bebidas alcohólicas, detergentes y productos de limpieza, productos cosméticos, productos químicos y lubricantes, productos para tratamientos agrícolas, películas, contenedores alimentarios, cintas de audio/video, fotografía, aplicaciones eléctricas, electrónicas, embalajes especiales y de rayos X. (Quiminet, 2005)

POLIAMIDA (PA)

Las poliamidas (PA) es un tipo de polímero semicristalino formado por enlaces del tipo amina. Este material se puede obtener del medio natural como en el caso de la lana, la seda o por el contrario, se puede obtener en su modo sintético como el caso del "Nylon" o del "Kevlar".

Dentro de estas se diferencia entre dos clases: las poliamidas cuya estructura se basa en un solo material de partida como la poliamida 6 (PA 6) y las poliamidas cuya estructura se compone de dos materiales de partida, como es el caso de la poliamida 66 (PA 66). Entre las propiedades que tiene la poliamida destacan su elevada tenacidad y sus buenas propiedades de resistencia al desgaste y al deslizamiento. Comparando varios tipos de poliamidas, podemos encontrarnos con la PA 66 que es muy dura y tenaz o con la PA 12 que es blanda y flexible. La humedad que llega a absorber una poliamida dependerá del tipo de esta. (Unknow, 2013)

I. INTRODUCCIÓN

En lo que respecta a la producción de piezas semielaboradas, se emplean dos métodos principales: la extrusión y la colada. En el segundo de estos se pueden producir productos de mayor dimensión y grado de cristalización. Por otra parte, la ventaja de la producción por extrusión supone unos costes más bajos en comparación. (Unknow, 2013)

Características principales de la poliamida:

- Una resistencia mecánica, dureza, rigidez y tenacidad medias-elevadas.
- Una elevada capacidad de amortiguación mecánica.
- Buena resistencia a la fatiga.
- Excelente resistencia al desgaste.
- Buenas propiedades de deslizamiento.
- En la mayoría de los casos, elevada absorción de humedad.
- En la mayoría de los casos, reducida estabilidad dimensional.

Varias de las aplicaciones en las que se emplean las poliamidas son las siguientes:

- Ruedas dentadas.
- Piezas de bombas.
- Roldanas.
- Casquillos.
- Patines de deslizamiento.
- Piñones.

I. INTRODUCCIÓN

1.1.3. EL MERCADO DE LAS ALFOMBRAS

Hoy en día, en el mercado a nivel global de las alfombras, estas están compuestas en su gran mayoría por fibras sintéticas como las que se muestran en la ilustración 6. El motivo por el que las fibras sintéticas son más empleadas que las fibras naturales viene explicado con características como que las sintéticas son más duraderas, resistentes y económicas que las naturales. También cuentan con ventajas como puede ser la mayor resistencia al agua, las manchas, el moho, el calor y a sustancias químicas. Otro punto a favor es que las sintéticas pueden adaptarse a diversas aplicaciones con gran facilidad, simplemente modificando la composición química y las condiciones del proceso. Actualmente, dentro del mercado de las alfombras realizadas con materiales sintéticos, encontramos cuatro tipos de fibras principalmente: Olefinas, Poliamida, Poliéster y Acrílicos. Aunque también existen alfombras compuestas 100% por materiales naturales y compuestas por una mezcla de naturales/sintéticas en diversos porcentajes.

La clase de fibra empleada en la fabricación de las alfombras puede clasificarse en dos grupos principales: de filamentos básicos o filamentos continuos. Las olefinas se producen en formato de filamento continuo, mientras que las de poliéster se producen en forma de fibra cortada. Por lo que respecta a la poliamida se produce tanto en forma continua como en básica. En el caso de las fibras naturales como la lana o el algodón, siempre se producen en formato básico. Las alfombras obtenidas mediante fibras continuas o fibras cortadas de gran longitud suelen tener una mejor calidad y una mayor dureza. Por lo general se prefieren filamentos continuos debido a que son más flexibles a la hora de generar fibras de una longitud u otra, es decir por el estilo.



a)



b)

Ilustración 6: a) Conjunto de alfombras de diversos colores fabricadas en 100% algodón. b) Muestra en ambiente de una alfombra con diseño poligonal fabricada en material sintético (polipropileno)

I. INTRODUCCIÓN

Cada uno de los materiales comentados cuenta con unas características propias que se procede a exponer a continuación:

Poliamida

Para la fabricación de alfombras utilizando este material, se emplean fibras de una longitud media. Estas fibras son muy resistentes y tienen propiedades muy satisfactorias en cuanto a resistencia a la abrasión, la elasticidad y la tenacidad. Son muy fáciles de limpiar lo que proporciona comodidad al usuario y además se puede teñir en gran cantidad de colores. El empleo de esta materia genera una alfombra suave y muy resistente a la vez que, de un peso muy liviano, aunque comparándolas con fibras de otro tipo, estas son más costosas como ya se ha comentado anteriormente.

Poliéster

Se trata de un tipo de fibra que se emplea bastante y gran parte de esto es debido a que es muy versátil. Dentro del sector textil se considera que el poliéster es una de las fibras con mayor repercusión e importancia, incluyéndose en la fabricación de alfombras entre otros usos. Las características que tienen las alfombras fabricadas con este material son que cuenta con gran resistencia y elasticidad, pero no llega a alcanzar el nivel que se obtiene con la poliamida. La resistencia a la abrasión y a las arrugas también es bastante satisfactoria.

Olefinas

Debido a que estas fibras cuentan con un aspecto similar al de la lana, se emplean muchísimo en la fabricación de alfombras. Se trata de un tipo de fibra resistente, elástica, con buena resistencia a la abrasión y con un excelente comportamiento frente a las manchas, moho, productos químicos y al desvanecimiento. Las características propias de este material permiten que su uso sea adecuado tanto para ambientes de interior como de exterior. Otra de las ventajas importantes es que las olefinas cuentan con un coste menor que el de otros como el poliéster o poliamidas, aunque por otra parte, cuenta con una resiliencia menor y esto hace que tras una deformación de las fibras debidas a un esfuerzo de compresión, estas tarden más en recuperar su posición inicial.

I. INTRODUCCIÓN

Acrílico

Estas fibras cuentan con un parecido elevado con la lana, ya que tienen una alta suavidad y calidez. También destacan porque pueden mimetizarse muy bien con fibras naturales como el algodón y la lana, lo que favorece la producción de mezclas de fibras. Tienen la característica de resistir muy bien la abrasión y tener buena resistencia a la tracción, productos químicos, al moho y a la decoloración. El principal inconveniente que tienen es que no resisten tanto como el resto de las fibras comentadas anteriormente, por lo que no se recomienda su utilización en zonas en las que el tránsito sea muy fluido, ya que se desgastarán de forma rápida.



Ilustración 7: Conjunto de muestras de alfombras acrílicas en diversas tonalidades de color

ESTUDIO DEL MERCADO Y DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR

Para la realización de este estudio se han obtenido los datos del INE 2018, que muestra que, en la Comunidad Valenciana, el subsector “Fabricación de otros productos textiles” es aquel que mayor cifra de negocio dispone con 1.004 millones de €, con un total de 620 empresas y 13.789 empleados repartidos entre ellas. Por orden decreciente de facturación le sigue el subsector que agrupa la “Preparación e hilado de fibras textiles” con “Fabricación de tejidos textiles” que mueve unos 663 millones de €, cuenta con 194 empresas y da trabajo a 3.689 personas. El tercer puesto lo ocupa el subsector de “Confección de prendas de vestir, excepto peletería” que cuenta con 268 millones de € facturados, 555 empresas y 2.699 empleados.

I. INTRODUCCIÓN

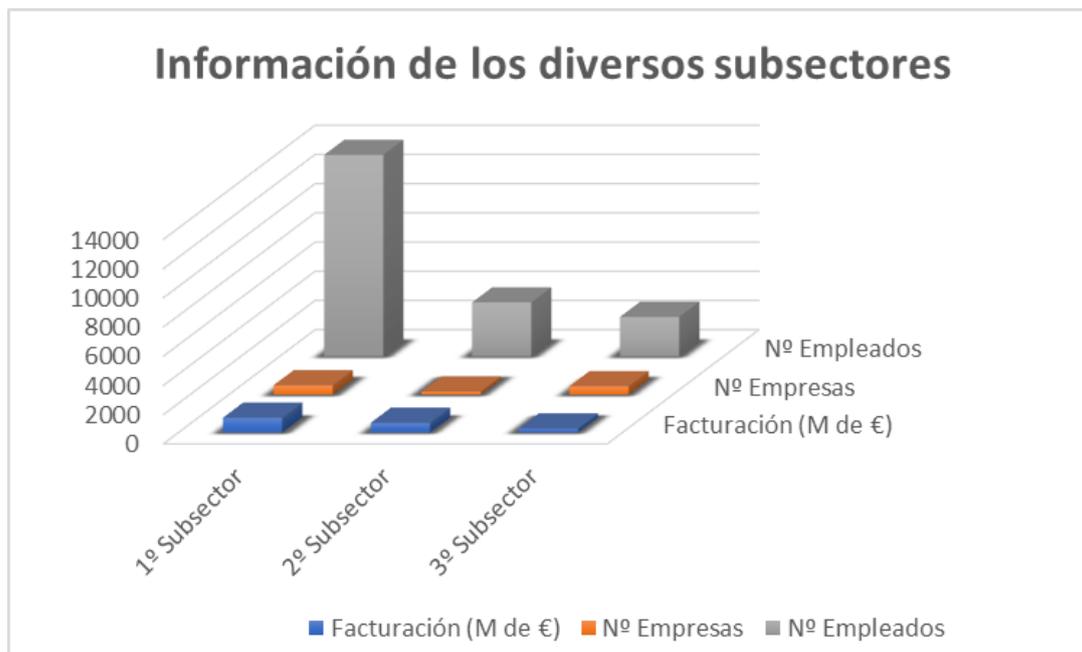


Ilustración 8: Gráfica de la información del volumen de facturación, número de empresas y empleados en el mercado de la Comunidad Valenciana según los datos del INE

Para determinar el tamaño y la composición del mercado de las alfombras y moquetas se ha empleado la base de datos SABI (Sistema de Análisis de Balances Ibéricos) de donde se han extraído los datos y se han identificado a las empresas que lo componen. Se ha estimado que para el año 2018 en España hubo 50 empresas que generaron un volumen total de 148,525 Millones de €, lo que supone un incremento del 20,7% respecto a los datos del año anterior (123 Millones de €).

A pesar de que el sector textil ha experimentado un crecimiento moderado en estas últimas anualidades, el sector específico de la alfombra ha crecido notoriamente en los 4 últimos años. Este crecimiento ha sido de un 12,35%, lo que significa que en el periodo entre 2014 y 2018 se ha incrementado 99,405 Millones de € hasta alcanzar los 148 Millones de € en 2018.

En cuanto a la actividad comercial exterior de estas empresas, se ha tenido en cuenta tanto el volumen de importaciones totales como el de importaciones totales, tal como se muestra a continuación en la tabla 2.

I. INTRODUCCIÓN

Tabla 2: Actividad de las empresas a nivel nacional según esta sea interior o exterior

Actividad	Nº de Empresas	% Empresas
No realiza actividad exterior	26	52%
Realiza actividad exterior	24	48%
Exportador	3	6%
Importador	9	18%
Importador/Exportador	12	24%
Total	50	

Del total de las empresas analizadas, 24 de ellas realizan actividad exterior ya sea de tipo importación como de tipo exportación de productos textiles para emplearlos en productos técnicos. De estas, 12 empresa (50%) realizan ambas actividades (exportación e importación), mientras que 9 son las que se centran en importación únicamente y 3 las que lo hacen centrándose en la exportación.

Para definir más claramente el mercado de las alfombras y moquetas, se realiza una clasificación de las empresas según su tipología e identificando el número de empleados del que disponen. Basándonos en las Recomendaciones de la Comisión de las Comunidades Europeas, de 6-5-2003 (COCE L 124 de 20-5-2003) que contiene la definición y clasificación de las empresas según su tamaño, y las agrupa en microempresas, pequeñas y medianas empresas (PYME) y grandes empresas, se ha identificado la composición del mercado de textiles técnicos, así como la distribución geográfica de estas empresas dentro del territorio nacional.

I. INTRODUCCIÓN

Tabla 3: Información del número de empresas, facturación (en Millones de €) y empleados a nivel nacional dividido por comunidad autónoma y sus porcentajes

Comunidad Autónoma	Empresas	%Empr.	Facturación	%Fact.	Empleados	%Empl.
Andalucía	4	8%	1.792,65 €	1%	34	4%
Baleares	1	2%	917,62 €	1%	13	2%
Castilla y León	2	4%	1.631,23 €	1%	65	8%
Castilla La Mancha	2	4%	2.126,93 €	1%	6	1%
Cataluña	7	14%	30.575,17 €	21%	106	14%
Comunidad Valenciana	24	48%	44.987,31 €	30%	225	29%
Galicia	1	2%	380,64 €	0%	7	1%
Madrid	6	12%	63.642,11 €	43%	300	38%
Murcia	1	2%	514,63 €	0%	14	2%
Navarra	2	4%	1.957,59 €	1%	13	2%
Total, General	50		148.525,87 €		783	

A primera vista se observa que la Comunidad Valenciana destaca notoriamente en el número de empresas (24 de las 50 totales) del sector. Muy por detrás se encuentran Cataluña y Madrid con 7 y 6 empresas respectivamente. El resto de las comunidades disponen de 1 o 2 empresas únicamente a excepción de Andalucía que cuenta con 4.

Centrando la atención en la facturación, se observa en la tabla 3 que a pesar de que la comunidad de Madrid dispone de únicamente de 6 empresas, es la que mayor facturación tiene (63.642,11 M de €). La Comunidad Valenciana a pesar de contar con 18 empresas más que Madrid, factura 19 M de € menos (44.987,31 M de €) situándose en la segunda posición de la lista de facturación. Estas dos comunidades cuentan con un gran peso a nivel nacional, ya no solo por el hecho de que entre ambas cuenten con el 73% de las ventas nacionales, sino que además entre ambas emplean al 67% de personas del sector (300 personas Madrid (38%) y 225 personas la Comunidad Valenciana (29%))

Si se centra el estudio de mercado y volumen de este en la Comunidad Valenciana, se estima como ya se ha comentado que en el año 2018 existen 24 empresas del sector, que generan un total de 44,987 Millones de €.

I. INTRODUCCIÓN

Como se observa en la Tabla 4, en la actividad económica, solo 11 realizaron actividad exterior, 1 de ellas exportación, 7 importación y las 5 empresas restantes combinaban ambas actividades.

Tabla 4: Actividad de las empresas a nivel de la Comunidad Valenciana según esta sea interior o exterior

Actividad	Nº de Empresas	% Empresas
No realiza actividad exterior	11	46%
Realiza actividad exterior	13	54%
Exportador	1	4%
Importador	7	29%
Importador/Exportador	5	21%
Total	24	

En la siguiente tabla (Tabla 5) se muestra la distribución de las diversas empresas según su tamaño, su facturación y el número de empleados con los que cuentan. Estas empresas eran la mayoría de pequeño tamaño, ya que, de todas ellas, solo una logró alcanzar los 5 millones de €.

Tabla 5: Clasificación de las empresas de la Comunidad Valenciana según el tamaño de estas, basándose en el número de empleados del que disponen.

Tamaño	Empresa	%Empr.	Facturación	%Fact.	Empleados	%Empl.
0-2 Empleados	3	13%	423,81 €	1%	4	2%
3-5 Empleados	10	42%	5.773,52 €	13%	36	16%
6-9 Empleados	0	0%		0%	n/a	0%
10-19 Empleados	5	5%	9.740,46 €	22%	80	36%
20-49 Empleados	2	2%	7.087,60 €	16%	47	21%
50-99 Empleados	1	1%	21.912,97 €	49%	58	26%
100 o más Empleados	0	0%		0%	n/a	0%
n.d	3	13%	48,95 €	0%	0	0%
Total	24		44.987,31 €		225	

Las microempresas suponen un 13% de las mismas y se componen de 3 empresas, con un volumen de ventas de poco más de 0,423 millones de €, que representa un 1% de la cifra de negocio total del sector, y emplean a un total de 4 personas. Esta agrupación

I. INTRODUCCIÓN

de empresas se ha reducido respecto al año anterior ya que existían 5 empresas que generaban 3,1 millones de € con 8 empleados.

Las PYMES Pequeñas son un total de 10 empresas, que genera una cifra de negocio de 5,773 millones de €, que supone un 13% de la cifra total del sector y emplean a 36 personas, que supone un 16% de la ocupación del sector. El conjunto de empresas formado por las PYMES pequeñas ha crecido tanto a nivel de facturación como en número de empresas y empleabilidad.

En las PYMES Medianas, compuestas por un total de 7 empresas, representan un 29% del total de mercado, con unas ventas superiores a los 16 millones de €, que representa aproximadamente un 37% de la cifra total. El impacto sobre el empleo de estas empresas es también el más elevado, ocupando a un total de 127 personas, que representaban el 56% de los trabajadores del sector. Este sector se ha mantenido de un ejercicio a otro pues apenas presenta variaciones.

En el año 2017/2018 tan sólo había 1 Gran PYME, lo que supone con diferencia la cifra más baja. Pese a ello, tan sólo esta empresa generó el 49% del volumen de explotación total del sector en la Comunidad Valenciana, generando unas ventas aproximadas de 21,9 Millones de €. Al igual que en la facturación, estas empresas empleaban a más de 58 personas, que representaban cerca del 26% de los empleados.

No existen Grandes Corporaciones en la Comunidad Valenciana.

Las 24 empresas del sector de alfombras y moquetas de la Comunidad Valenciana se encuentran ubicadas en la provincia de Alicante, principalmente en la localidad de Crevillent (Baix Vinalopó) donde radican 22 empresas. Las otras dos restantes se encuentran en Muro de Alcoy (El Comtat) y en San Isidro (El Baix Segura).

I. INTRODUCCIÓN

En la siguiente tabla se puede ver las posibles empresas beneficiarias de la ejecución del proyecto BULKY:

Tabla 6: Indicación de las diversas empresas de la Comunidad Valenciana que pueden ser beneficiarias del proyecto y clasificación de estas según su subsector y su producto o actividad de aplicación

Subsector / colectivo beneficiario*	Producto / actividad de aplicación de resultados	Nº de empresas de la C.V del subsector / colectivo	% PYMES	Empresas del subsector/colectivo identificado que cooperan en el proyecto
Hilatura	Fibras	94	74.5% (60)	Hilaturas Miel
	Hilados			Marrahí e hijos
Tejeduría	Tejidos	149	81.9% (122)	Interfabrics
	Alfombras y recubrimientos			
	Artículos de uso técnico			Moquetas Rols
	Prendas de punto			
	Textil hogar			

I. INTRODUCCIÓN

1.1.4. EL FINAL DE VIDA DE LA ALFOMBRA Y LA ECONOMÍA CIRCULAR

El final de la vida de las alfombras

Actualmente gran cantidad de alfombras son eliminadas y esto genera un elevado número de residuos que son altamente perjudiciales para el medio ambiente. Existen dos grandes finales para las alfombras en la actualidad, estos son:

Los vertederos:

Alrededor del 90 por ciento de las alfombras terminan en vertederos una vez el uso para el que estaban destinadas llega a su fin. Este modo de generar residuos en vertederos hace que estos queden acumulados durante años. Además de ser un gran desperdicio de recursos preciosos, también tiene numerosos impactos ambientales negativos. La alfombra sintética se biodegrada muy lentamente en los vertederos y se mezcla con otros tipos de desechos, pudiendo llegar a conducir a la infiltración de líquidos, debido al proceso de descomposición (llamado lixiviado) en suelos que contienen niveles concentrados de contaminantes y sustancias tóxicas. La descomposición de los residuos mezclados también libera metano, un gas de efecto invernadero que es 34 veces más potente que el CO₂. (Markets, 2017)



Ilustración 9: Pala de vertedero recogiendo residuos acumulados

I. INTRODUCCIÓN

La incineración:

Otro final que se les suele dar a las alfombras desechadas es la incineración. Se basa principalmente en la quema de aquellos residuos que no van a emplearse en otras funciones y que se eliminan para evitar la acumulación y que ocupe espacio. Este proceso es muy perjudicial para el medio ambiente, incluso en los casos en los que el calor que se emplea en la incineración se reutiliza o recicla. Este tipo de proceso no elimina por completo los residuos, de hecho, el 20% de los residuos incinerados acaban siendo cenizas que contienen un elevado número de agentes contaminantes. Los humos producidos en la combustión también son parte del gran problema, ya que están plagados de tóxicos y estos deben filtrarse y procesarse. Otro efecto negativo de la incineración es la contaminación del aire, ya que se liberan moléculas nocivas a la atmósfera las cuales pueden provocar enfermedades y problemas respiratorios en las personas, ya que este aire no quede acumulado en las zonas de quema, sino que se desplaza y alcanza lugares donde su efecto dañino afecta a las personas y al propio ecosistema natural. (Markets, 2017)



Ilustración 10: Imagen de los humos provocados por la incineración de residuos enviados a la atmósfera.

I. INTRODUCCIÓN

¿Qué es la Economía Circular?

Conforme la economía va creciendo, se va necesitando un mayor número de materias primas para la producción de bienes de consumo, acción que repercute en un aumento de desperdicios. La economía que se emplea actualmente se basa en el “tomar-hacer-usar-desechar” (economía lineal) y no es una forma sostenible que pueda alargarse mucho año más. Por el contrario, el objetivo principal que tiene la economía circular es el de limitar rotundamente la extracción de materias primas y la reducción de residuos. Esto se consigue mediante una recuperación y reutilización de los productos que han acabado su vida útil una y otra vez, creando de esta manera un sistema de circuito cerrado. (Markets, 2017)

¿Por qué el sector de la alfombra debe hacerse circular?

La producción de alfombras tiene un impacto importante en el medio ambiente, ya que para ello se emplean recursos como el agua, energía y materias primas que provienen de fuentes no renovables como el petróleo. También genera una gran cantidad de residuos, de hecho, cerca de 1.6 millones de toneladas de alfombras son eliminadas anualmente en Europa. Muchas de estas no llegan a desgastarse por completo o incluso en algunos casos como las ferias, prácticamente nuevas. Según fabricantes del sector, una alfombra se utiliza una media de 8-10 años, aunque estas puedan mantenerse en buenas condiciones más de este tiempo.

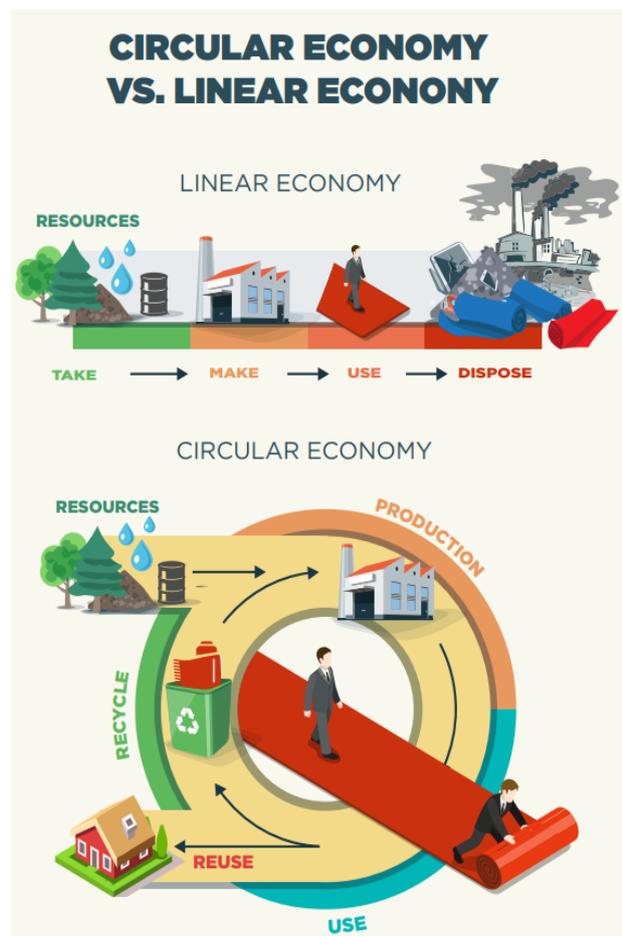


Ilustración 11: Esquema comparativo entre la economía lineal y circular de las alfombras

I. INTRODUCCIÓN

Más bajo sería este dato si se tuviera en cuenta el uso de alfombras en eventos, donde en muchos casos solo se les da usos durante días o incluso unas pocas horas. Para prolongar la vida útil de las alfombras, deben reutilizarse y esto solo es posible si se recuperan en buenas condiciones y están diseñadas para limpiarse y teñirse fácilmente. Se pueden reciclar en un sistema de "circuito cerrado", donde los productos se reciclan nuevamente en el mismo producto una y otra vez o en un "circuito abierto", principalmente a través del ciclo descendente de materiales menos valiosos. (Markets, 2017)



Ilustración 12: Eventos o ferias donde se emplean gran cantidad de alfombras para la decoración

I. INTRODUCCIÓN

2. OBJETIVOS

OBJETIVOS

II. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL.

El objetivo general del proyecto es la obtención de hilos multifilamento “eco-friendly” (polímeros biobase y reciclados) texturizados mediante la técnica de BCF, que sean capaces de sustituir a las fibras que se emplean actualmente en la fabricación de alfombras y moquetas.

2.2. OBJETIVOS PARTICULARES.

Los objetivos particulares o específicos del proyecto para la mejora de las propiedades físicas de los multifilamentos son los siguientes:

1. **Funcionalización de polímeros:** con la máquina de compounding se funcionalizarán los diferentes polímeros para la mejora de las propiedades como protectores UV, estabilizadores de proceso, extensores de cadena, retardantes a la llama... Para su posterior hilatura por fundido y obtener los hilos multifilamento funcionalizados para texturar en BCF.
2. **Mezcla de grados poliméricos:** se van a adquirir diferentes grados poliméricos realizar diferentes proporciones de material virgen con material reciclado y así optimizar las propiedades de los multifilamentos obtenidos a partir de material reciclado.
3. **Secciones especiales:** para mejorar algunas de las propiedades como el brillo y la resiliencia, se trabajará directamente en la modificación de las secciones tipo C, fibra hueca...
4. **Trabajo previo de texturizado por aire:** a medida que vayan obteniendo las muestras se llevarán un paso previo de texturado por aire que nos ayudará a definir el comportamiento de los multifilamentos en el sistema BCF, esta tecnología requiere de menor cantidad de materia para poder hacer las pruebas.

II. OBJETIVOS

5. **Texturizado por BCF**: con las mejores muestras obtenidas en cada uno de los polímeros se realizarán diversas pruebas de texturado BCF, aplicando diferentes configuraciones de máquina (presión del jet de aire, velocidad del cilindro refrigerante, temperatura del aire. En busca de las mejores propiedades físicas de los multifilamentos.

6. **Prototipado**: fabricación de los prototipos con aquellas muestras que tengan mejores propiedades físicas, para poder realizar diferentes ensayos sobre el artículo final. Se trabajará tanto en la fabricación del hilo tufting como el desarrollo del “primary backing”.

7. **Transferencia de los resultados**: tan importante es el correcto desarrollo del proyecto como la transferencia del conocimiento generado a las empresas del sector.

3. EXPERIMENTAL

EXPERIMENTAL

III. EXPERIMENTAL

3.1. MATERIALES.

Dentro del proyecto BULKY se ha pretendido emplear materiales que sean respetuosos con el medioambiente y para conseguirlo, se han propuesto dos líneas de investigación en lo que respecta a los materiales empleados en la realización de los diversos prototipos. La primera de las líneas se ha basado en trabajar con polímeros reciclados para de esta forma favorecer a la reutilización de residuos y reducir la huella de contaminación que se está generando hoy en día a ritmos descontrolados. La segunda línea se ha centrado en la parte de producción de prototipos mediante materiales provenientes de fuentes renovables o como se les conoce generalmente, “polímeros bio”.

3.1.1. POLÍMEROS DE ORIGEN BIO

Como se ha comentado, la primera de las líneas de investigación ha centrado su interés en el uso de polímeros de origen bio o polímeros renovables.

Actualmente los bioplásticos son obtenidos de plantas ricas en carbohidratos como es el caso del maíz o de la caña de azúcar, recibiendo estos el nombre de materias primas de primera generación. Este tipo de materia prima es la más eficiente para la producción de polímeros renovables o bioplásticos, ya que estos requieren una baja cantidad de tierra para poder crecer y a su vez producen un alto rendimiento. A parte de este tipo de cultivo, en la industria se investiga sobre la utilización de cultivos que no sean alimentarios (de segunda y tercera generación) para poder emplearlo en la producción de esta clase de polímeros. Una clase de recurso de este tipo sería la celulosa.

Las tecnologías innovadoras se centran en los subproductos no comestibles de la producción de cultivos alimentarios, lo que genera inevitablemente grandes cantidades de subproductos celulósicos baratos como la paja, el rastrojo de maíz o el bagazo, que generalmente se dejan en el campo donde biodegrada a una cantidad mucho más alta de lo necesario para restaurar el nivel carbono del suelo. Estratégicamente, se utilizan para producir energía utilizada para la conversión de materias primas. Esto deja un gran potencial para el uso de procesos biotecnológicos para crear productos químicos de plataforma para fines industriales - entre ellos la producción de bioplásticos.

III. EXPERIMENTAL

Otra clase de polímero son los biodegradables, que son una clase específica que se logra descomponer tras lograr su función para de esta forma dar lugar a subproductos naturales como pueden ser los gases (CO_2 y N_2), el agua, la biomasa o diversas sales inorgánicas. Estos pueden encontrarse en forma natural o sintética y son formados principalmente de éster, amida y grupos funcionales éter. Las propiedades y métodos de descomposición son determinados por la estructura que tienen estos polímeros. Se pueden sintetizar empleando reacciones tipo condensación, polimerización de tipo apertura de anillos y/o catalizadores metálicos. En la siguiente imagen se puede apreciar un gráfico donde se muestra la clasificación de diversos polímeros según sean más (Biobasados/Basados en recursos fósiles y Biodegradables/No biodegradables)

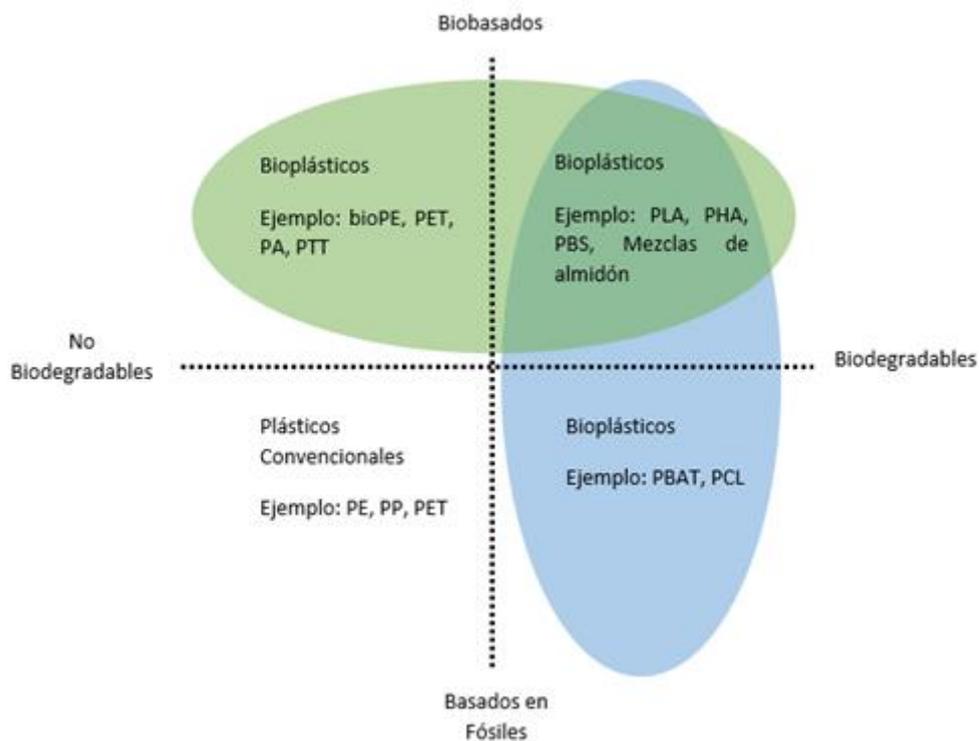


Ilustración 13: Gráfico de clasificación de los polímeros según sean biobasados, basados fósiles, biodegradables o no biodegradables

III. EXPERIMENTAL

Los materiales de envasado de base biológica se han introducido como una alternativa ecológica en las últimas décadas, entre los cuales, las películas comestibles han ganado mayor atención debido a sus características respetuosas con el medio ambiente, gran variedad y disponibilidad, ausencia de toxicidad y bajo coste. Sin embargo, es importante aclarar un concepto importante: hay una diferencia entre los polímeros biobasados y los biodegradables. Los biobasados (o bioplásticos) implican que al menos un bloque o monómero del material final procede de materias primas renovables. Esto no da ninguna información sobre su durabilidad. Por otro lado, los polímeros o materiales biodegradables definen un material que se degrada frente a los procesos naturales (microorganismos, factores ambientales, etc.). Esto significa que existen plásticos, bioplásticos, biodegradables (fósiles) y no biodegradables. Por lo tanto, al diseñar un nuevo material, este concepto debe tenerse debidamente en cuenta.

Seguidamente se muestran los polímeros con los que se pretende trabajar a lo largo del desarrollo del proyecto:

POLIHIDROXIALCANATO (PHA)

Los polihidroxicanoatos (PHAs) son un tipo de poliésteres lineales que se producen naturalmente mediante la acción de bacterias y de la fermentación del azúcar o lípidos.

Los PHA son polímeros de ácidos hidroxialcanoicos que algunas bacterias, arqueas y microalgas acumulan intracelularmente como material de reserva, para usarlo posteriormente como fuente de carbono y energía. En la siguiente imagen (Ilustración 13) se puede observar su estructura de un PHA. (Yolanda GONZÁLEZ GARCÍA, 2012)

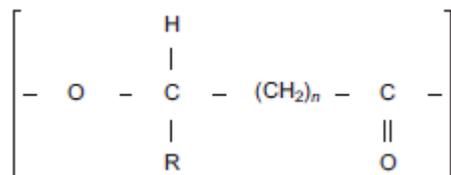


Ilustración 14: Estructura general de los PHA

III. EXPERIMENTAL

En cuanto a la polimerización de los ácidos hidroxialcanoicos, tiene lugar mediante condensación del grupo carboxilo de un monómero, con el grupo hidroxilo del siguiente, formándose un enlace éster de allí que también se les conozca como biopolíesteres. Se acumulan como polímeros líquidos, móviles y amorfos en forma de gránulos que se alojan en el citoplasma microbiano rodeados de una monocapa de fosfolípidos que contiene enzimas polimerasas y despolimerasas como se ve en la siguiente ilustración. (Yolanda GONZÁLEZ GARCÍA, 2012)

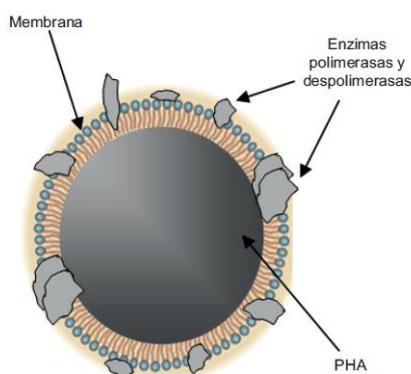


Ilustración 15: Esquema del gránulo de PHA acumulado intracelularmente.

Los PHA pueden ser materiales termoplásticos o elastómeros, con puntos de fusión de entre 40 y 180°C.

Las propiedades mecánicas y biocompatibilidad del PHA también se pueden cambiar mediante la mezcla, la modificación de la superficie o la combinación de PHAs con otros polímeros, enzimas y materiales inorgánicos, por lo que es posible para una gama más amplia de aplicaciones. Dependiendo de la longitud de la cadena lateral, tres tipos de PHA se pueden diferenciar:

- Si la cadena contiene de 1-2 átomos de carbono se llaman PHAs de cadena lateral corta, denominados scl-PHA (del inglés short chain length-PHA)
- Si la cadena contiene de 3 a 13 átomos de carbono se llaman PHAs de cadena lateral media, denominados mcl-PHA (medium chain length-PHA)
- Si la cadena comprende más de 14 átomos de carbono se llaman PHAs de cadena lateral larga, denominados lcl-PHA (long chain length-PHA)

III. EXPERIMENTAL

Existe un elevado interés en el desarrollo de polímeros basados en los PHA dado que estos cuentan con una buena biodegradabilidad y un gran potencial para crear bioplásticos que cuenten con propiedades novedosas. Los PHA se integran perfectamente en una economía verde donde se crean polímeros a partir de las fuentes de combustibles no fósiles. Además de todo esto, se está investigando sobre la biotransformación de residuos plásticos como los tereftalatos de polietileno y poliuretano en PHA empleando una bacteria conocida como *Pseudomonas putida*.

Por lo que respecta a las **características** de los PHA, se destacan las que se nombran a continuación.

- Cuentan con una buena resistencia ante las radiaciones producidas por rayos UV.
- Comparados con polímeros como el PLA, muestran una baja permeabilidad al agua.
- Su temperatura de descomposición se encuentra sobre los 180° C.
- Cuenta con una baja tasa de transmisión del vapor.
- Por lo que respecta a las propiedades físicas, estos pueden comportarse tanto como termoplásticos como elastómeros, además cuentan con una gran capacidad de recuperación.

Aplicaciones del PHA.

- Mejora de las prestaciones de otros polímeros.
- No tejidos como: bayetas desechables por el inodoro, artículos de cuidado personal.
- Películas y fibras.
- Adhesivos y recubrimientos para resinas y látex.
- Ligantes para polvos metálicos y cerámicos.
- Empaquetado biodegradable y artículos moldeados.
- Recubrimientos impermeables para papel y tableros sin avisos (post it).

III. EXPERIMENTAL

ÁCIDO POLILÁCTICO (PLA)

El ácido poliláctico es un poliéster alifático termoplástico que se obtiene a partir de recursos renovables como puede ser el almidón del maíz, la tapioca o la caña de azúcar entre otros. Se trata de un polímero que puede biodegradarse en presencia de oxígeno, pero que a su vez es de difícil reciclabilidad. Ácido láctico se obtiene por fermentación de carbohidratos por bacterias lácticas pertenecientes principalmente al género *Lactobacillus*. Su cristalinidad, tasa de cristalización, transparencia y tasa de degradación del producto acabado pueden controlarse cómodamente mediante la copolimerización de las proporciones de isómero L/D seleccionadas. El PLA se degrada principalmente por hidrólisis, no por ataque microbiano, por lo que son particularmente buenos para aplicaciones en las que están en contacto directo con alimentos. El PLA se puede plastificar para mejorar la movilidad de la cadena y favorecer su cristalización. La tasa de degradación del PLA depende del grado de cristalinidad. La biodegradabilidad del PLA también puede mejorarse mediante injertos. (Mariano, 2011) Las principales **propiedades** con las que cuenta este material son:

- 100 % de origen biológico.
- Biodegradable y compostable industrialmente.
- Rígido y frágil.
- Transparente.
- Apto para contacto con alimentos.

Entre las **aplicaciones** textiles del PLA destacan las siguientes:

- Ropa de deporte.
- Género de punto.
- Ropa de cama: mantas, colchas, edredones, colchones, almohadas, ...
- Alfombras.
- Tapicería y decoración.
- Pañales y compresas.
- Toallitas húmedas.
- Redes de pesca.
- Geotextiles.

III. EXPERIMENTAL

BIOPOLIETILENO (bioPE)

Los PE de origen biológico son una gama de poliolefinas producidas a partir de biomasa renovable de forma anual como la caña de azúcar. Hay numerosas referencias disponibles de HDPE, LDPE y LLDPE de origen biológico. Las principales propiedades con las que cuenta este material son:

- Prácticamente 100 % de origen biológico.
- Reciclable en el ciclo del PE de origen petrolífero.
- Entre flexible y semirrígido.
- Entre translúcido y opaco.
- Apto para contacto con alimentos.

Alguna de las aplicaciones en las que puede aplicarse este tipo de material son:

- Envases flexibles: films, bolsas.
- Envases rígidos: bandejas, tarros, latas.
- Bienes de consumo.

3.1.2. POLÍMEROS RECICLADOS

La segunda de las líneas de trabajo es la basada en el reciclado de polímeros, que aun siendo estos provenientes de recursos fósiles, su reprocesado permite darles un nuevo uso a productos ya utilizados en otros ámbitos. Este reciclaje hace necesario la inclusión de plantas de reciclaje. En estas los productos a reciclar se trituran, se descontaminan de sustancias externas y finalmente se realiza un proceso de pelletizado para obtener la granza final del material reciclado con el que poder realizar otros productos.

III. EXPERIMENTAL

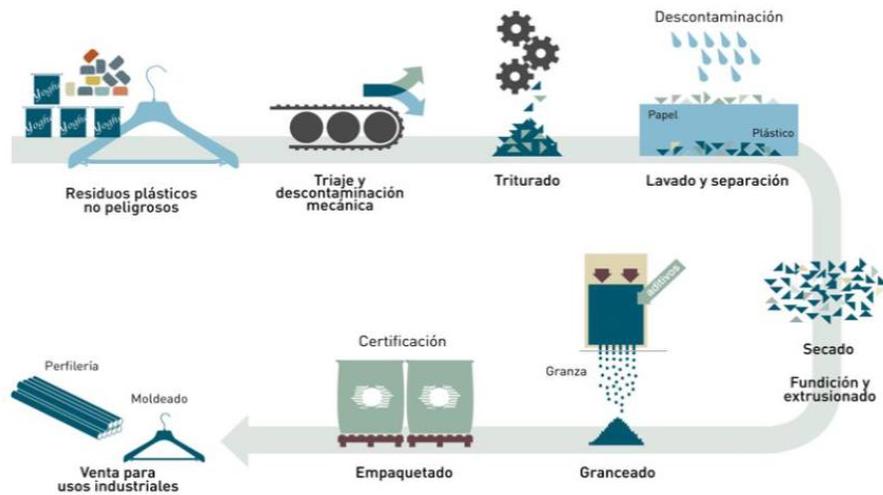


Ilustración 16: Esquema del proceso de reciclaje de objetos desechados para de esta forma obtener granza con la que realizar nuevos productos

Para la realización del proceso de reciclaje, existen tres formas de aprovechar los residuos de los diversos polímeros una vez estos han sido desechados: someterlos a un reciclado mecánico, a un reciclado químico o a un reciclado energético empleándolos como fuente de energía.

Reciclado mecánico: Este procesado de los residuos es el más utilizado, cuyas etapas principales son las etapas de separación, limpieza y molido. En este caso, los plásticos seleccionados para el reciclaje son limpiados a conciencia y pasan por un molino o trituradora. En base a la cantidad de contaminantes que lleven los materiales a procesar y de su calidad, estas etapas pueden variar en orden. Principalmente, la preparación del producto final comienza con una fase de limpieza, que podría repetirse si fuera necesario para así eliminar los contaminantes de forma precisa. El material limpiado, se centrifuga, se seca y pasa a almacenarse en silos donde se almacena en forma de materia triturada. Posteriormente este pasa a alimentar una extrusora donde se produce un granceado listo para la producción de nuevos productos. Esta granza obtenida se puede emplear de diversas formas en función del requerimiento para el que vaya a utilizarse:

III. EXPERIMENTAL

Procesado directo de la materia reciclada: las piezas que se obtienen cuentan con propiedades inferiores a las realizadas con los materiales vírgenes.

Mezcla de la granza reciclada con polímero vírgen: de esta forma se alcanzan mejores propiedades, aunque por lo general siguen siendo inferiores a las 100% vírgenes.

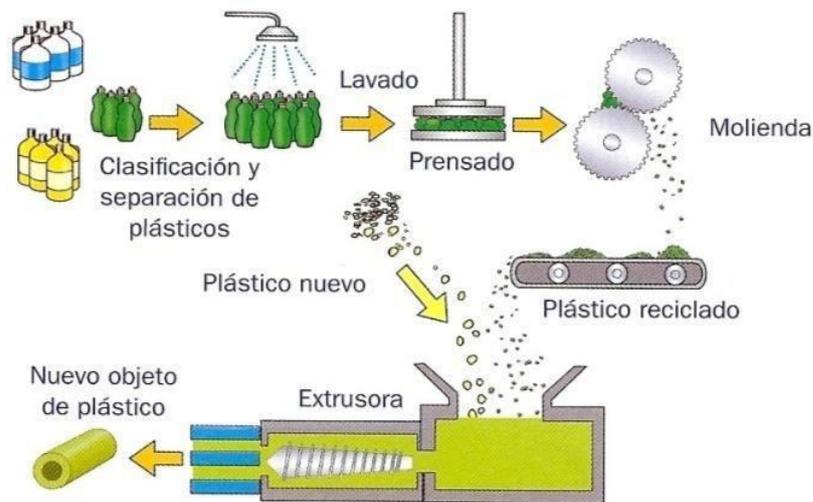


Ilustración 17: Muestra de las diversas etapas que componen el proceso completo del reciclado mecánico

Reciclado químico: Para la realización de este tipo de reciclaje hay opción de hacerlo de formas diferentes. Pensando a escala industrial destacarían procesos como la metanólisis y el glicólisis. Por ejemplo con el PET, este se deshace o se depolimeriza, lo que quiere decir que se separan las moléculas que lo forman y empleando estas, se consigue fabricar de nuevo PET.

Reciclado energético: Dado que los materiales cuentan con poder calorífico, estos pueden emplearse para la obtención de energía realizando una combustión eficiente. Esto en gran parte es posible a que en la producción no se utilizan aditivos ni modificadores y esto permite que las emisiones de la combustión no sean tóxicas, simplemente se obtiene bióxido de carbono y vapor de agua.

Tras la explicación de los diferentes tipos de reciclaje que se emplean hoy en día, se pasa a exponer el conjunto de materiales reciclados que serán empleados en el desarrollo del proyecto BULKY.

III. EXPERIMENTAL

POLIPROPILENO RECICLADO (rPP)

Se ha comprobado que en los últimos años se ha incrementado mucho el uso de plásticos y esto es especialmente contraproducente cuando estos son obtenidos a partir del petróleo ya que el impacto medioambiental de estos productos es negativo.

El polipropileno (PP) es uno de los materiales más empleados actualmente para el reciclaje, aunque no todo el que se produce se recicla debido al estado de desgaste que sufren algunos componentes. Mucho de este polipropileno se en “scraps” mezclados que posteriormente sirve para productos de unas especificaciones bajas, como muebles de jardín, vallas, cajas...

POLIETILENO TEREFALATO RECICLADO (rPET)

La producción de las fibras de poliéster es muy demandada sobre todo en países de Asia, Africa y Sudamérica. Para lograr unas escamas de rPET que cuente con la calidad necesaria y deseada, se requiere realizar una limpieza del PET posconsumo tratado, para eliminar cualquier resto de materiales y aditivos que causen daño a la salud humana o al medio ambiente, incluidos los compuestos orgánicos volátiles (COV), carcinógenos como el estireno o el PVC, retardantes de llama bromados y cualquier otro retardante de llama nocivo, cenizas volátiles, plomo, cadmio, tratamientos resistentes a las manchas como el ácido perfluorooctanoico o el perclorato utilizado en tratamientos antiestáticos. Más del 60% del poliéster que se produce se destina a la producción de fibras sintéticas. Estas comenzaron a fabricarse en la década de los 40 y a día de hoy ya podemos encontrarlas con diferentes grosores según la necesidad que requiera. Las fibras de PET posconsumo se introdujo en 1999. (Sorema, s.f.)



Ilustración 18: Conjunto de pellets de granza de diversas materias recicladas y listas para un segundo procesado

III. EXPERIMENTAL

3.2. ADITIVOS ESTUDIADOS

Como se ha comentado anteriormente, actualmente se está generando un gran problema medioambiental derivado de la cantidad de residuos de productos post-consumo, está provocando que se empiece a realizar recogida, clasificación y reciclado de estas materias. Los polímeros más empleados en el reciclaje son el polipropileno (PP) y el poliestireno tereftalato (PET). Ambos se utilizan en diversos campos, pero el que ha interesado en el presente trabajo es el sector textil, uno donde más se emplean estas materias primas.

El reciclaje aporta cantidad de beneficios y de puntos positivos, pero tiene la peculiaridad o desventaja, de que las materias recicladas sufren degradaciones cada vez que se reprocessan, por lo que los materiales obtenidos empleando el proceso de reciclado, cuentan con propiedades inferiores a la de las materias vírgenes. Esto se debe en parte a la rotura de las cadenas poliméricas, lo que provoca que las propiedades físicas y mecánicas empeoren, así como el color que obtiene el polímero es más amarillento. Otro tipo de degradación que sufren los materiales a lo largo de su vida útil es la oxidativa debido a los rayos ultravioletas que también desgastan la materia.

Por último, uno de los principales inconvenientes de los materiales reciclados son la cantidad de impurezas que no se llegan a eliminar en el proceso de clasificación y se unen para la generación de un material de peor calidad que puede dar problemas en el nuevo proceso productivo. Para mitigar dentro de lo posible estos problemas que se acaban de citar existe la posibilidad de aditivar las materias recicladas para de esta forma intentar reconstruir las cadenas poliméricas para que así el polímero obtenido cuente con unas propiedades físicas y mecánicas mejoradas que se acerquen más a la de las materias vírgenes.

Para la elección de los aditivos se deberá tener en cuenta el tipo de material a mejorar y el uso que se le quiera dar al producto fabricado con ellos. A continuación, se pasa a estudiar una cantidad de aditivos que puede emplearse en el nuevo proceso productivo de granzas recicladas.

III. EXPERIMENTAL

A pesar de que los aditivos pueden emplearse sobre cualquier materia, en este caso se emplea para mejorar las propiedades de los reciclados empleados en el proyecto como el rPP y el rPET. A continuación, se muestran diferentes aditivos que se ha investigado para posteriormente elegir los que mejor se adapten al proyecto.

3.2.1. ADITIVOS PARA EMPLEAR SOBRE rPP

Alguno de los aditivos que se pueden emplear para mejorar las propiedades del polipropileno reciclado se muestra a continuación y se explican sus diversas propiedades y beneficios.

ANHÍDRICO MALEICO (PP-g-MA)

El anhídrido maléico es un copolímero de injerto de alta reactividad que se ha empleado en fabricación de compounds de poliolefinas. Este aditivo cuenta con una doble función; una de ellas es que contiene bloques apolares que son muy afines a las poliolefinas y la otra es que cuenta con grupos de anhídrido maleico injertado en su cadena principal. Además, entra muy óptimamente en el reciclado de las poliolefinas, debido a que estas cuentan con una elevada oxidación causada por su uso. Por este motivo, el anhídrido maleico permite mejorar las propiedades de estos materiales reciclados, porque permite interactuar con aquellos grupos funcionales que intervienen y provocan la oxidación de la materia (-OH, C=O, -COOH...) y con aquellas cadenas poliméricas que no han sufrido modificaciones, provocando una extensión de cadenas o ramificación que hace que se mejoren las propiedades del material reciclado. (Clément Gourier, 2017)

KRATON™ FG1901X:

Este aditivo es un copolímero tribloque lineal que se compone de estireno y etileno/butileno, contando con un 30% de poliestireno. El empleo de este aditivo en porcentajes comprendidos entre el 1% y el 7% junto al rPP ayuda a la obtención de de varios balances de las propiedades de impacto y elongación. (USA Patente nº WO/2004/078848, 2004)

III. EXPERIMENTAL

STRUKTOL:

Dentro de la gama de aditivos que se ofrecen en la empresa Struktol, se encuentran aquellos específicos para mejorar las propiedades de los polímeros reciclados o sobre formulaciones de polímeros derivados de materias post-consumo. Uno de los puntos fuertes de estos aditivos es la mejora del procesamiento de las materias. Varios ejemplos de estos aditivos son los siguientes:

Strunkol TR 229: Esta clase se emplea sobre policarbonatos (PC) y en blends de policarbonato/acrilonitrilo butadieno estireno (ABS). Si se emplea en poliamida 6 y poliamida 66 también da unos resultados satisfactorios.

Strunkol TR 219: es similar al TR 229 ya que se puede emplear sobre poliamidas, aunque tienen el añadido de que puede usarse en compuestos realizados con PET, sobre todo cuando este es de origen reciclado.

Strunkol RP 06: Estos modifican la viscosidad de los polipropilenos y además eliminan los olores.

Strunkol RP 11: Reduce la viscosidad y hace más sencilla la tarea de extraer las piezas de los moldes ya que tiene propiedad lubricante en casos de resinas y compuestos de PP.

Strunkol RP 17: Este aditivo proporciona la propiedad lubricante con la eliminadora de olores.

Strunkol RP 28: Además de compatibilizante, aporta ayuda y mejora las formulaciones en forma de polvo y polímeros reciclados. Tiene un amplio abanico de materiales sobre los que se puede emplear.

Strunkol RP 37: Si una formulación de PP es contaminada con Polietileno (PE), este aditivo permite una modificación de la viscosidad del PP.

III. EXPERIMENTAL

3.2.2. ADITIVOS PARA EMPLEAR SOBRE rPET

Debido al problema medioambiental comentado a lo largo del proyecto, se está reciclado gran cantidad de las materias poliméricas que se fabrican actualmente. Uno de los polímeros más empleados es el polipropileno, por lo que las grandes cantidades de residuos que se generan de esta materia se emplean para su reciclado tanto mecánico como químico.

En este campo, se ha observado que la extrusión reactiva empleando extensores de cadena permite aumentar las propiedades del rPET. Se trata de un proceso más económico que los químicos y además puede realizarse en una extrusora convencional. Esta técnica se basa en un compuesto funcional extensor de cadenas que reacciona con los grupos finales del rPET, de esta forma se une a las cadenas rotas del material durante el procesado y genera un material con mayor masa molar y mejores propiedades. (Tapia JJB, 2018)

Lo que ocurre es que en los procesados a altas temperaturas el rPET sufre unas reacciones que favorecen su degradación térmica e hidrolítica debido a la presencia de agua o contaminantes que pueda contener el propio material. Es que las reacciones provocan que la viscosidad intrínseca de la materia disminuya por la formación de PET de bajo peso molecular con un aumento significativo de los grupos terminales carboxilo e hidroxilo. Aunque este problema puede evitarse empleando los extensores de cadena, ya que estos se unen a las cadenas rotas del material y hacen que aumente la masa molecular, la viscosidad intrínseca y la resistencia en fundido. (ITM, 2019)

Varios de los extensores de cadena más empleados son di- y multifuncionales epoxs, diisocianatos, dianhídridos y bis-oxazolinas. Aunque de otro lado, el extensor dianhídrido piromelítico (PMDA) se ha empleado para extender las cadenas del rPET en muchas situaciones gracias a su velocidad de reacción, su tetrafuncionalidad, la estabilidad térmica que dispone y su coste reducido en comparación a otros. (ITM, 2019)

A continuación, se pasa a comentar diversas marcas comerciales que se especializan en extensores de cadena que se utilizan con polímeros con el PET y el rPET.

III. EXPERIMENTAL

JONCRYL ADR-4368

Este aditivo se emplea para evitar y revertir la degradación del PET y PET postconsumo, el policarbonato, Nailon y otros materiales poliméricos de condensación. Es un agente de acoplamiento que cuenta con metacrilato de glicidilo (GMA) y que reacciona con polímeros degradados para que este pueda recuperar su peso molecular, además de otros factores como la viscosidad intrínseca y la viscosidad en fundido. Esto es muy útil en procesos como la extrusión, el termo-conformado y moldeo por soplado. Se evaluaron oligómeros de estireno-acrílico con funcionalidad epoxi (Joncryl® ADR-4368) altamente adaptados como extensores de cadena o auxiliares de reciclaje para los termoplásticos de condensación y se obtuvo que estos oligómeros cuando reaccionan con otras materias en el proceso de extrusión, se revierte la degradación del material y su peso molecular (porcentajes de uso del <1.5%). (ITM, 2019)

XIBOND™ 920:

Este aditivo es un copolímero aleatorio de estireno y metacrilato de glicidilo muy novedoso. Este puede emplearse como extensor de cadena, agente acoplador compatibilizante y modificador de viscosidad y superficie. Con él se pretende mejorar la morfología de ciertas formulaciones poliméricas. Se puede combinar con materiales como el PET, el PLA o PBT. Se suele emplear en porcentajes comprendidos entre un 0.1% y 5%. (ITM, 2019)

Cuando se emplea como extensor de cadenas, este une las del polímero aumentando su peso molecular, su resistencia en fundido y sus propiedades de procesado. En caso de emplearlo como agente acoplador, este genera una baja viscosidad y mejora propiedades como las de deslizamiento o tracción. En el caso de emplearlo como compatibilizador esta mejora la tensión y morfología interfacial cuando se somete al polímero a tensiones elevadas. Por último, como modificador de superficies este modifica la polaridad del material lo que varía notablemente la tensión superficial y modifica propiedades como las de adhesión. (ITM, 2019)

III. EXPERIMENTAL

3.3. PROCESOS DE FABRICACIÓN EMPLEADOS.

3.3.1. COMPOUNDING

El proceso de compounding es aquel donde mediante un proceso de extrusión se combinan diferentes materiales o sustancias para generar una formulación concreta que cuente con propiedades específicas para el producto que se pretende desarrollar.

Los trabajos de fabricación de las mezclas de materiales y aditivos se han realizado en la planta piloto que dispone AITEX para tal labor. Esta planta piloto de compounding permite trabajar con multitud de termoplásticos y aditivos, ya que los rangos de temperaturas son muy amplios y pueden alcanzar los 400°C. A continuación, se muestra un esquema de la planta piloto donde aparecen los diversos componentes que la componen y que serán explicados más adelante. Se trata de una extrusora Coperion modelo ZSK 18 MEGA lab.

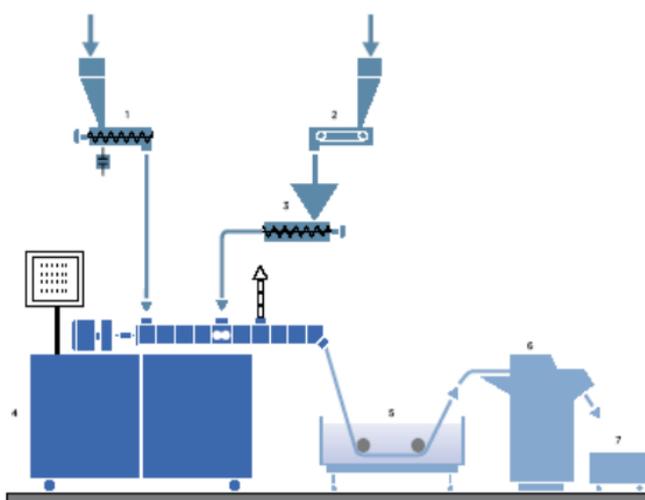


Ilustración 19: Esquema de la planta piloto de compounding. Se muestran la extrusora, los dosificadores, el baño de enfriamiento y la pelletizadora.

Por lo que respecta a las diferentes partes que conforman toda la estructura de la planta piloto, cabe enumerar los siguientes componentes:

III. EXPERIMENTAL

Dosificadores de granza y/o polvo: Para realizar la dosificación de las materias se han empleado dosificadores gravimétricos de pérdida de peso. En ellos se puede ajustar el caudal de alimentación del material de forma continua y modificarlo a medida que avanza el proceso. Se dispone de 4 clases, uno principal y 3 secundarios (uno para granza, uno para polvo y otro para líquidos). **Modelo de los dosificadores:** Brabender Loss-in-Weight Feeder. Type DDW-MD2-DS28-100. Fabricante: Brabender Technologies KG.

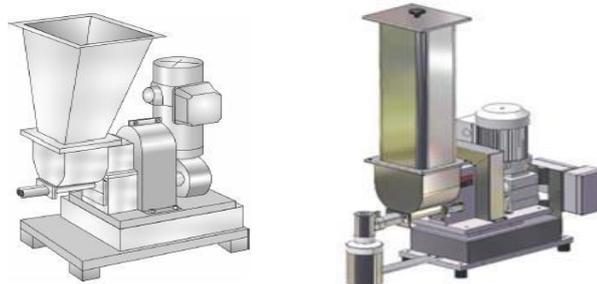


Ilustración 20: Pareja de dosificadores gravimétricos. (Izq. Para granza) (Der. Para polvo)

Extrusora por fusión con doble husillo co-rotante: Existe un alimentador principal y uno lateral o secundario, estos son los lugares donde se colocan los dosificadores gravimétricos para que vayan introduciendo los materiales en el proceso. En el primero se dosifica el material base de la mezcla y por el segundo lo hace el material secundario o aditivo, ya sea en forma de granza o de polvo. La extrusora cuenta con un doble husillo co-rotante que puede ser de machaque o de transporte según la mezcla sea más o menos sensible y favorecer una mezcla más uniforme. La temperatura a lo largo de toda la extrusora se regula a lo largo de 7 zonas de temperatura desde la entrada hasta el cabezal de salida.



Ilustración 21: izq) Posición del doble husillo co-rotante en la extrusora. Der) Diversas disposiciones y clases de husillos empleados en el proceso de compounding.

III. EXPERIMENTAL

Baño de enfriamiento: Cuando el material fundido sales de la extrusora, este se introduce dentro del baño de agua donde se refrigera y vuelve a su estado sólido. El baño cuenta con sistema de entrada y salida para recircular el agua que contiene y mantenerla a una temperatura adecuada.



Ilustración 22: Baño de refrigeración de la planta de compounding.

Peletizadora o cortadora: Es el paso final del proceso de compounding, la peletizadora esta compuesta por dos rodillos de transporte y una cuchilla circular que corta en forma de granza el filamento solidificado que viene del baño de refrigeración.

III. EXPERIMENTAL

3.3.2. HILATURA MULTIFILAMENTO

En este proceso se trabaja a partir de materias vírgenes, así como a partir de las mezclas desarrolladas en la tarea de compounding para poder generar hilos multifilamento. A continuación, se muestra un esquema de la planta de hilatura (Fabricante ESL, Modelo: Bicomponent melt spinning plant).

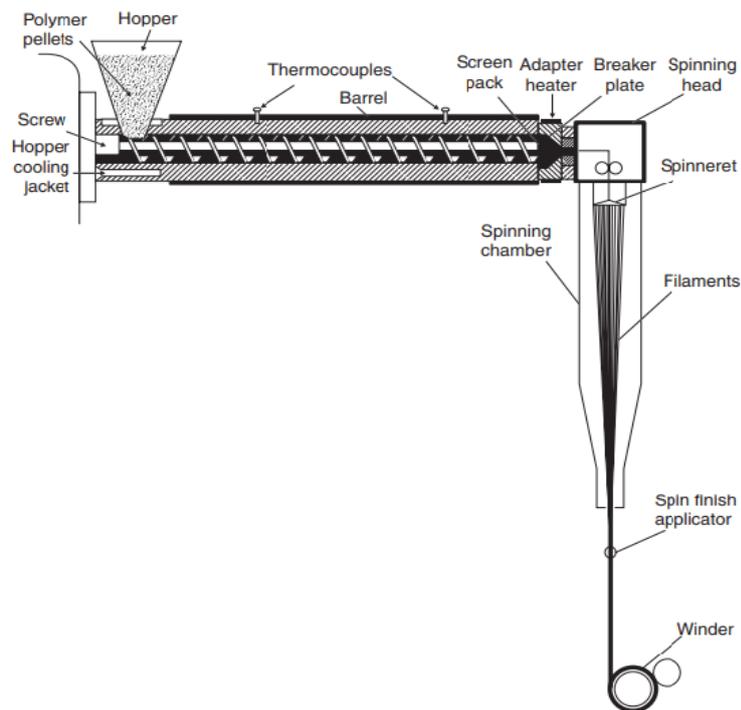


Ilustración 23: Esquema de la planta de hilatura por fusión multifilamento.

Este proceso de hilatura necesita un flujo continuo de material fundido para que el hilo obtenido sea homogéneo. Esto se consigue mediante una bomba de dosificación colocada en el cabezal de hilatura. El polímero fundido se transporta hasta el cabezal empleando un husillo calefactado.

El cabezal es la parte clave de la planta de hilatura, lugar donde se encuentra el componente conocido como "spin pack". Este dispone de una zona de amortiguación del polímero, donde se reduce el efecto pulsante de la bomba mediante un depósito. Tras esta zona el material se encuentra con la zona de filtrado, que está compuesta por un conjunto de filtros de 3 a 5 mallas cuyo objetivo es eliminar impurezas sólidas que pueda tener el material justo antes de su llegada al distribuidor, donde este garantiza el suministro homogéneo de materia a todos los orificios del "spinneret".

III. EXPERIMENTAL

El spinneret es el último componente que compone el "spin pack" y cuenta con diversos orificios muy finos por los que sale el polímero en forma de filamento continuo. Estos orificios cuentan con mayor diámetro a su entrada que a la salida y forma cónica, de forma que se evita que se produzca una caída de presión. Las medidas más importantes de estos orificios son la longitud de la cavidad y el diámetro exterior de estos dado que el polímero pasa a través de ellos en un flujo de corte y sale por el otro lado como un filamento extruido. Los spinnerets cuentan con diferentes diseños que varían tanto el número de orificios, su diámetro y su relación L/D (Longitud de orificio/Diámetro). El rango de diámetros empleados va desde 0.5 mm a 0.05 mm. Los orificios están colocados de forma escalonada entre sí, de forma que no haya problemas de adherencia entre ellos y que estos puedan refrigerarse de forma adecuada. La labor de una hilera es proporcionar forma de sección transversal a los filamentos extruidos. La sección transversal puede variar entre diversas formas según sea el diseño del spinneret, pudiendo ser estas de tipo circular, trilobal, forma de cruz, hueca, hexagonal, etc.

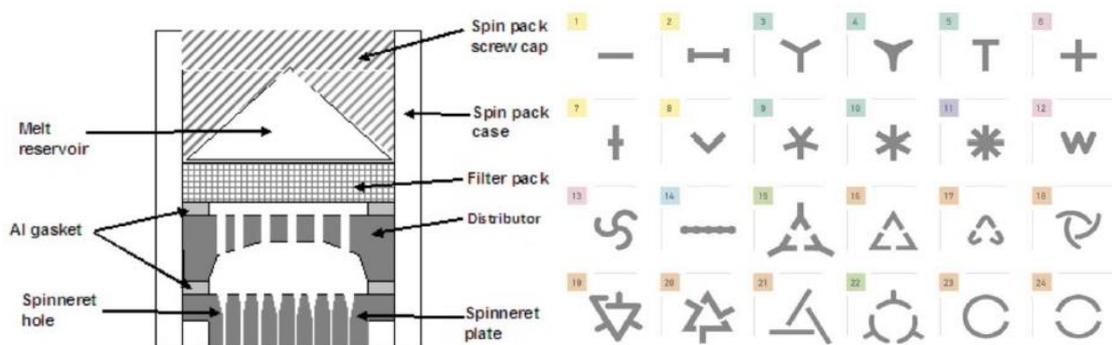


Ilustración 24: Izq) Esquema de un cabezal o "spin pack" con sus diversos componentes ya montados. Der) Conjunto de orificios que pueden emplearse en la realización del diseño de un spinneret para conseguir hilos con diversa sección transversal

Una vez los filamentos de polímero salen del cabezal de hilatura se refrigeran mediante aire justo antes de su llegada a la zona de estirado compuesta por un conjunto de pares de rodillos que pueden trabajar en frío o calefactados según sea el material a procesar. Este estiraje rompe la disposición vertical del hilo y le confiere una mayor resistencia.

III. EXPERIMENTAL

Según se estire más o menos se suele obtener dos tipos de hilo:

POY (Partial oriented yarn): Es un hilo estirado ligera o parcialmente, que aún podría estirarse más y aumentar sus propiedades.

FDY (Full drawn yarn): El hilo se produce a mayores velocidades, con lo que se consigue una orientación y cristalización de las cadenas al estirarse completamente. Cuenta con mayor tenacidad que el POY.

Tras la zona de estiraje, el hilo llega a la zona de bobinado donde el hilo pasa por un conjunto de rodillos de recogida que permite que la bobinadora se ajuste al espacio y a las velocidades del proceso.

Una vez se ha realizado el bobinado, los hilos multifilamento están preparados para seguir con la cadena de procesos hasta lograr el resultado deseado para la realización de los productos que se desea obtener.



Ilustración 25: Izq.) Rodillos de estiraje y relajación de la planta piloto hilatura por fusión multifilamento junto a la bobinadora Der) Plano general de la planta piloto de hilatura por fusión multifilamento

III. EXPERIMENTAL

3.3.3. TEXTURIZADO POR AIRE TASLAN

El proceso de texturizado se aplica a los hilos multifilamento que se obtienen en la hilatura. El proceso consiste en dar voluminosidad a los hilos mediante un chorro de aire sobre las fibras, lo que provoca que se generen bucles entre ellos en la superficie de las fibras de manera que estas quedan entrelazadas de una forma sólida. Mediante este proceso se mejora la apariencia de los hilos, así como su tacto, ya que gana suavidad y abandona la apariencia plástica que tienen tras la hilatura.



Ilustración 26: Izq.) Planta de texturizado por chorro de aire (TASLAN). Der) Esquema de las diversas zonas del proceso de texturizado por chorro de aire (TASLAN)

La planta de texturizado (Fabricante SSM, Modelo: DP5-T DIGICONE fastflex air texturing machine) cuenta con diversas partes que se emplean a lo largo del proceso. Todo comienza en la fileta donde se posicionan las bobinas de hilo multifilamento, de ahí pasan a la zona de estiraje donde empleando dos rodillos (en frío o en caliente según material) se le aplica el estiraje deseado al hilo. Justo después de la zona de estiraje el hilo llega a la caja de texturizado, donde coge un poco de humedad al atravesar un pasador con goteo justo antes de llegar al jet donde se produce un chorro de aire de entre unos 10 bar -12 bar para provocar el entrelazado de las fibras. Al salir de la caja de texturizado el hilo se encuentra con dos nuevos godets que se encargan de relajar el hilo y fijarlo justo antes de que este sea bobinado. Existe la opción de pasar previamente al bobinado por el horno para reducir ligeramente el efecto y fijar el texturizado.

III. EXPERIMENTAL

El proceso de texturizado debe seguir dos principios para que el resultado obtenido sea el adecuado:

-Cuando el hilo pasa a través del jet debe realizar un giro de 90° mientras atraviesa la zona del chorro de aire. Es en ese punto donde los bucles generados por el aire son forzados a salir de la estructura principal del hilo.

-El hecho de que se produzcan bucles entre las fibras hace que no sea necesario un proceso de torcido posterior, ya que las fibras quedan intercaladas y enredadas entre sí.

Cabe la opción de trabajar con dos tipos de hilo diferente a la vez. En este caso, un hilo actuará como núcleo (core) y el otro como recubrimiento (efecto). El hilo que actúa como core es el que aporta la resistencia al hilo obtenido, mientras que el que actúa como efecto aporta volumen y aspecto peludo al hilo final.

Por lo que refiere a los jets de texturizado existen dos variantes, el axial y el radial tal como se puede apreciar en la ilustración 26. En cuanto al axial, este tipo está diseñado para poder ser modificado durante el proceso de texturizado para de esta manera conseguir una tensión de procesado del hilo óptima, mientras que el de tipo radial siempre se mantiene fijo sin variaciones. Estos tienen un mantenimiento muy sencillo, ya que únicamente necesitan limpieza y cambio de las juntas de goma. Los dos tipos cuentan con un punto deflector en la parte donde el hilo abandona el jet.

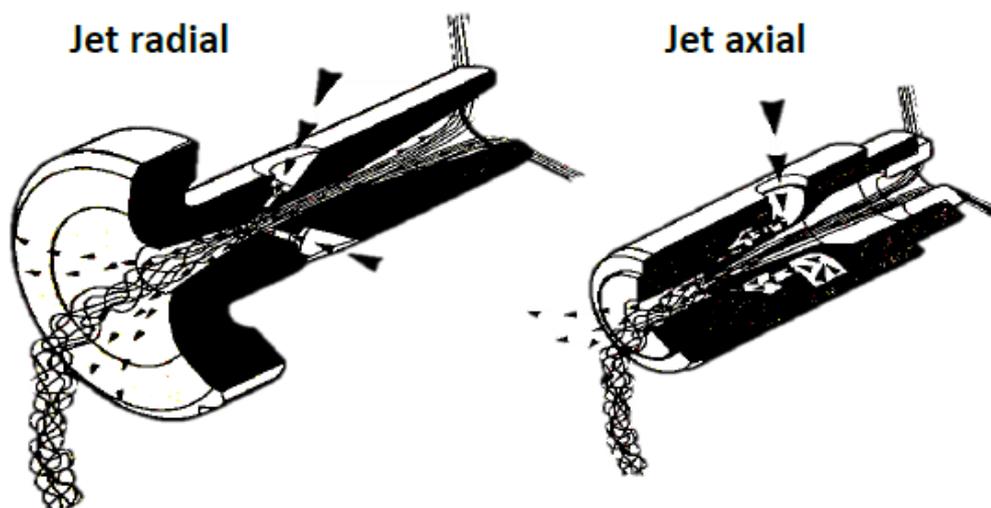


Ilustración 27: Comparativa de los esquemas de jets tipo radial y jet de tipo axial.

III. EXPERIMENTAL

3.3.4. TEXTURIZADO BCF

La tecnología “bulk continuous filament” es una forma de texturizado para fibras sintéticas en la que se busca un voluminizado del hilo y una mejora de sus propiedades. Es un proceso complementario de la hilatura ya que cabe la posibilidad de posicionarlo de forma continua justo antes del bobinado. Mediante el BCF se consigue una morfología del hilo para darle uso en aplicaciones como alfombras, moquetas o tapizados entre otras.

Existen dos tipos de texturizado BCF y a su vez estos pueden producirse de tres formas diferentes:

Hilado directo: Este proceso productivo se divide en diversos pasos; polimerización, hilatura, estirado y texturizado. Este proceso es muy poco versátil y no se emplea en producción de hilo para alfombras.

Proceso en un solo paso: Este tipo de procesado se complementa con la hilatura, ya que se lleva a cabo de forma simultánea. Empleando este método se consiguen velocidades de unos 3500m/min.

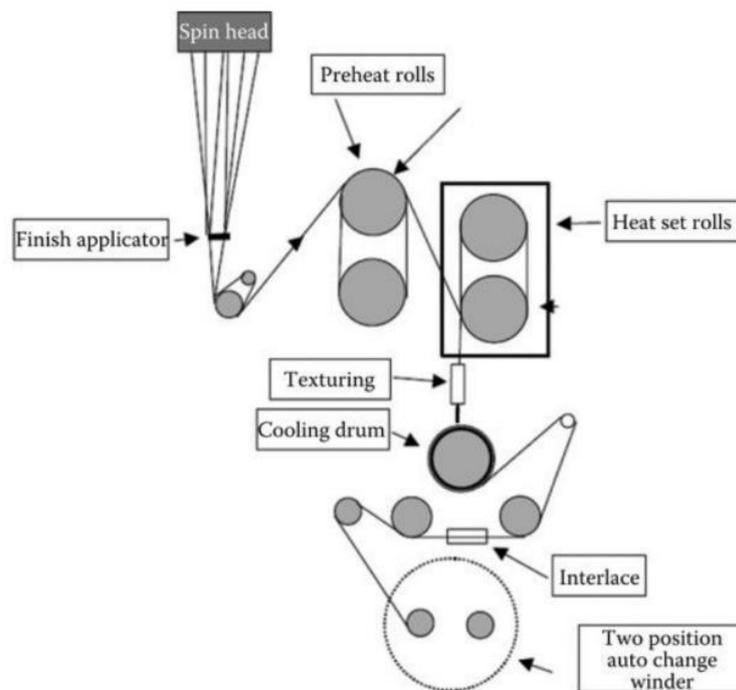


Ilustración 28: Esquema del proceso en un solo paso, que combina la hilatura, el estiraje y el texturizado.

III. EXPERIMENTAL

Proceso en dos pasos: El proceso se parte en dos, uno inicial de hilatura y devanado y posteriormente otro de estirado y texturizado, Se trata de un modo productivo flexible y permite trabajar con diversos tipos de hilos.

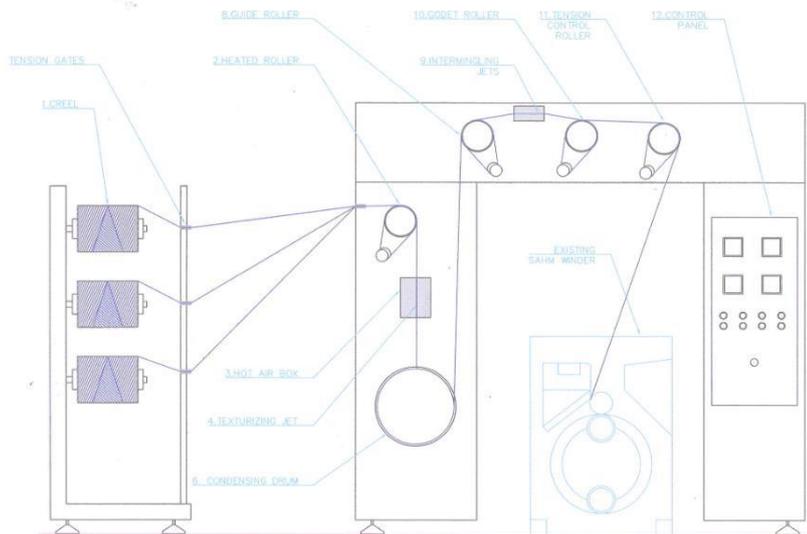


Ilustración 29: Esquema de la planta de texturizado BCF independiente a la planta de hilatura.

Una vez explicados los tres modos de producción, se pasa a explicar los dos tipos diferentes de texturizados BCF que existen.

Técnica Stuffed-box: Es la más antigua de entre las dos técnicas, pero a la vez la que menos se utiliza hoy en día. La zona de rizado está basada en una caja calefactada y el proceso se produce llevando el hilo hasta una embutidora o caja de encogimiento donde se retienen los filamentos y se entrelazan formando ángulos agudos, dándole de esta forma un aspecto bidimensional al hilo. Este hilo producido se voluminiza pero no cuenta con tensión. Una vez se extrae, las fibras rotas son eliminadas y se le añade un ensimaje que facilitará su posterior devanado de las bobinas.

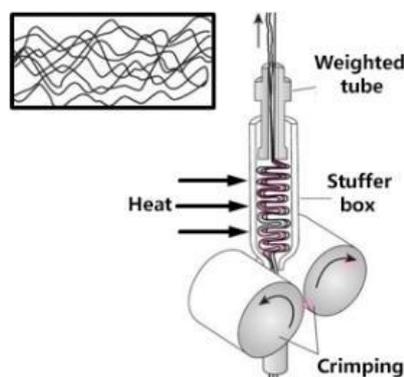


Ilustración 30: Esquema de la técnica de texturizado BCF por Stuffed-box

III. EXPERIMENTAL

Técnica Hot-fluid: Se trata de una técnica que se produce después del estiraje y está basada en 3 pasos principales: precalentado, texturizado por aire caliente y enfriamiento. Los chorros de aire caliente se diseñan para que exista una acción de avance del hilo para que así se ayude a su paso por la zona de chorro de aire. La transferencia de calor del chorro al hilo es favorecida por la turbulencia generada. A la salida del chorro, hay una expansión de este que es clave para la realización de un correcto texturizado.

En lo que refiere a la temperatura de este, los valores oscilan dependiendo de los materiales empleados. Y la presión es muy importante mantenerla entre unos 5-8 bares para que la transmisión de calor y la turbulencia sea la adecuada.

Por último, la zona de enfriamiento suele estar compuesta por una sección de enfriamiento lento donde un godet en frío va acumulando hilo.

A continuación, se muestra un esquema de la zona de chorro de aire y del tambor de enfriamiento lento donde se produce el proceso de texturizado.

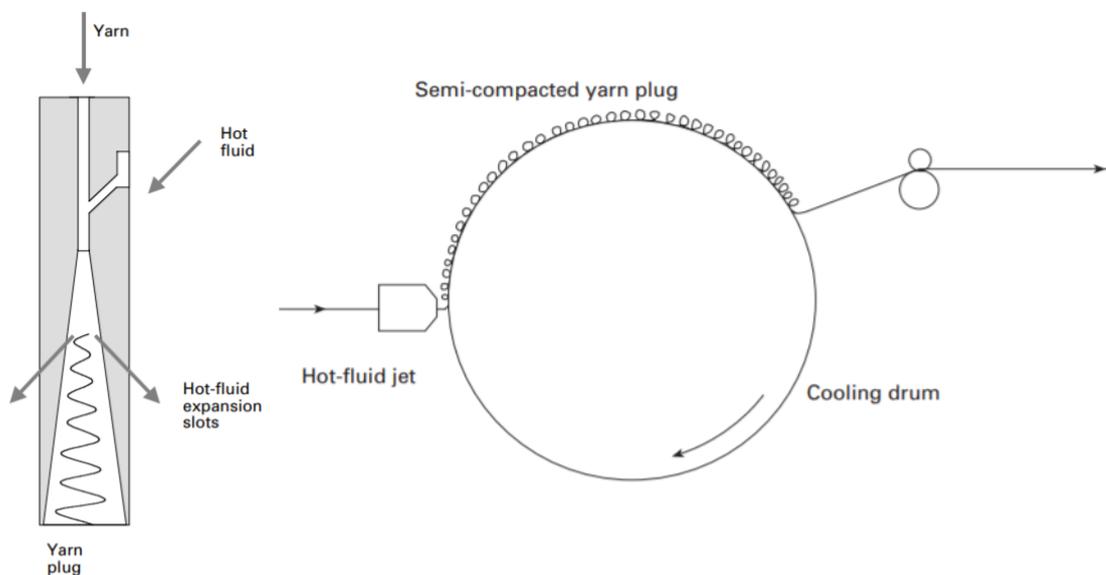


Ilustración 31: Der) Esquema de la zona de turbulencia por chorro de aire. Izq.) Esquema del tambor de enfriamiento lento

III. EXPERIMENTAL

3.3.5. TECNOLOGÍA TUFTING

Para la realización de alfombras y moquetas se emplean la tecnología conocida como tufting, que está compuesta por un robot y un marco de 2.4 x 2.7m sobre el que se colocan las muestras. El fabricante es EFAB y el modelo del robot es eTuft MK-II



Ilustración 32: Robot y marco de la planta experimental de Tufting

El robot de tufting en la parte clave de la alfombra, ya que es el encargado de generar los prototipos. El robot cuenta con movilidad tanto en el eje X como en el eje Y del marco y tiene la labor principal de insertar el hilo en el backing (tejido de calada sobre el que se insertan los hilos de las alfombras) y formar los diversos diseños para crear los prototipos. La pistola de mechones mecánica puede hacer mechones en una variedad de telas de backing y producir diseños muy detallados con altas densidades en altura de pelo corto.



Ilustración 33: Pistola de mechones mediante la que se realizan los prototipos de alfombras y moquetas.

III. EXPERIMENTAL

Para la realización de tejeduría mediante la tecnología tufting, primero se debe colocar un backing en el marco base y tensarlo de forma adecuada para que la aguja de la pistola se introduzca bien en él. Una vez realizado el diseño, se debe transmitir a la máquina y ajustar los parámetros de densidad, pasadas, hilos empleados y medidas. Una vez realizado el proceso de tufting, se debe aplicar un encolante sobre la parte trasera de la alfombra para fijar los hilos o mechones.

Existen dos parámetros clave que definirán si el producto obtenido será una alfombra o una moqueta. Estos parámetros son el bucle y el corte.

Corte/Bucle: En el caso del bucle, al insertar el hilo dentro del backing, el extremo de aparte del mechón queda cerrado o en forma ovalada, mientras que, en el caso del corte, este bucle se corta en su extremo y se generan dos mechones que formarán la futura alfombra. A continuación, puede verse un esquema donde se ve claramente la diferencia entre el corte y el bucle.

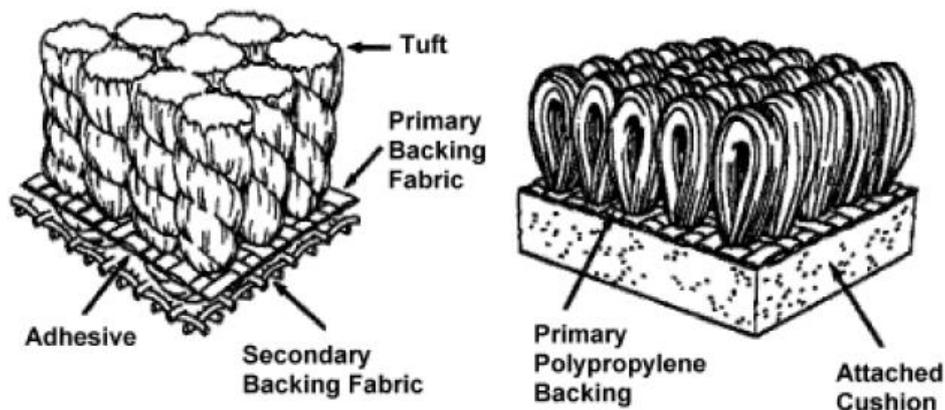


Ilustración 34: Comparativa entre el mechón de hilo (alfombras) y el bucle o loop formado al no realizar el corte (moquetas)

III. EXPERIMENTAL

3.4. PRUEBAS REALIZADAS

El apartado experimental del proyecto comienza con la tarea de compounding, donde se han realizado diversas mezclas funcionalizadas para su posterior estudio de caracterización. De esta manera se ha conseguido saber cuáles son las propiedades óptimas para mandar las materias al proceso de hilatura por fusión multifilamento y de esta forma se han obtenido hilos que cuenten con un comportamiento adecuado.

En reuniones internas previas al inicio del proyecto, se ha decidido que el centro de la investigación se ha de realizar sobre el polipropileno reciclado, ya que se ha buscado como uno de los objetivos principales la reducción de los deshechos producidos por la industria y su reaprovechamiento para poder obtener nuevos productos a partir de ellos. A pesar de esto, también se han intentado pequeñas pruebas con materiales de origen bio para poder comprobar su comportamiento y propiedades y de esta forma tener una pequeña base sobre la que realizar nuevos proyectos de investigación.

Las mezclas realizadas están compuestas por polipropileno reciclados combinados con su respectiva cantidad de materia virgen para ajustar las propiedades, además de aditivos que se añadirán para mejorar las características y la unión de ambas materias. Se han suministrado dos clases de polipropileno reciclado, uno de ellos (rPP gris) es obtenido del reciclaje de rafia procedente de “big bags” mientras que el segundo tipo (rPP negro) se obtiene del reciclado de mantas térmicas empleadas en el campo.

A continuación, se procede a mostrar cada una de estas formulaciones realizadas, así como los parámetros de procesado empleados para obtenerlos en la planta experimental de compounding que dispone AITEX en sus instalaciones.

III. EXPERIMENTAL

3.4.1. FORMULACIONES FUNCIONALIZADAS

Para la realización de las diversas mezclas funcionalizadas, se ha realizado mezclas de compounds empleando la planta piloto de compoundig que se ha comentado en el apartado anterior. Para la producción de estas mezclas se han empleado diversos parámetros que se han ido ajustando según las materias procesadas han ido requiriéndolo, ya que no todas se comportan de la misma manera.

Seguidamente se muestran los parámetros de producción empleados para la realización de cada una de las formulaciones.

Formulación funcionalizada (rPPg80): 80% rPPgris + 17% PP 561-R virgen + 3% Anhídrido Maleico

Tabla 7: Valores de temperatura de procesado de la mezcla 80% rPPgris + 17 % PP 561-R + 3% Maleico

Zona	1	2	3	4	5	6	7
Temperatura °C	160	170	175	185	185	195	195
Temperatura °C (R)	161	171	177	185	185	196	196

Tabla 8: Valores de procesado de la mezcla de 80% rPPgris + 17% PP 561-R virgen + 3% Anhídrido Maleico

Velocidad de trabajo (rpm)	200
Torque (%)	14
Presión Die (bar)	6
Velocidad de alimentación (Kg/h)	2

Formulación funcionalizada (rPPg60): 60% rPP gris + 37% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico

Tabla 9: Valores de temperatura de procesado de la mezcla 60% rPPgris + 37 % PP 561-R + 3% Maleico

Zona	1	2	3	4	5	6	7
Temperatura °C	160	170	175	185	185	195	195
Temperatura °C (R)	160	170	175	184	185	195	195

Tabla 10: Valores de procesado de la mezcla de 60% rPP gris + 37% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico

Velocidad de trabajo (rpm)	200
Torque (%)	14
Presión Die (bar)	5
Velocidad de alimentación (Kg/h)	2

III. EXPERIMENTAL

Formulación funcionalizada (rPPg40): 40% rPP gris + 57% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico

Tabla 11: Valores de temperatura de procesado de la mezcla 40% rPPgris + 57 % PP 561-R + 3% Maleico

Zona	1	2	3	4	5	6	7
Temperatura °C	160	170	175	185	185	195	195
Temperatura °C (R)	163	172	174	184	185	195	196

Tabla 12: Valores de procesado de la mezcla de 40% rPP gris + 57% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico

Velocidad de trabajo (rpm)	200
Torque (%)	14
Presión Die (bar)	6
Velocidad de alimentación (Kg/h)	2

Formulación funcionalizada (rPPg30): 30% rPP gris + 67% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico

Tabla 13: Valores de temperatura de procesado de la mezcla 30% rPPgris + 67 % PP 561-R + 3% Maleico

Zona	1	2	3	4	5	6	7
Temperatura °C	160	170	175	185	185	195	195
Temperatura °C (R)	162	172	174	184	185	195	196

Tabla 14: Valores de procesado de la mezcla de la mezcla 30% rPPgris + 67 % PP 561-R + 3% Maleico

Velocidad de trabajo (rpm)	200
Torque (%)	17
Presión Die (bar)	6
Velocidad de alimentación (Kg/h)	4

Formulación funcionalizada (rPPg20): 20% rPP gris + 76% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico + 1% Slip Agent

Tabla 15: Valores de temperatura de procesado de la mezcla de 20% rPPgris + 76 % PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent

Zona	1	2	3	4	5	6	7
Temperatura °C	160	170	175	185	185	195	195
Temperatura °C (R)	161	170	175	185	185	196	196

III. EXPERIMENTAL

Tabla 16: Valores de procesado de la mezcla de 20% rPPgris + 76 % PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip

Velocidad de trabajo (rpm)	200
Torque (%)	16
Presión Die (bar)	7
Velocidad de alimentación (Kg/h)	4

Formulación funcionalizada (rPPn80): 80% rPP negro+ 17% PP 561-R virgen + 3% Anhídrido Maleico

Tabla 17: Valores de temperatura de procesado de la mezcla 80% rPPnegro + 17 % PP 561-R + 3% Maleico

Zona	1	2	3	4	5	6	7
Temperatura °C	160	170	175	185	190	200	205
Temperatura °C (R)	160	170	176	185	192	201	204

Tabla 18: Valores de procesado de la mezcla de 80% rPPnegro+ 17% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico

Velocidad de trabajo (rpm)	200
Torque (%)	21
Presión Die (bar)	15
Velocidad de alimentación (Kg/h)	2

Formulación funcionalizada (rPPn60): 60% rPP negro + 37% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico

Tabla 19: Valores de temperatura de procesado de la mezcla 60% rPPnegro + 37 % PP 561-R + 3% Maleico

Zona	1	2	3	4	5	6	7
Temperatura °C	160	170	175	185	190	200	205
Temperatura °C (R)	161	170	172	184	191	202	203

Tabla 20: Valores de procesado de la mezcla de 60% rPP negro + 37% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico

Velocidad de trabajo (rpm)	200
Torque (%)	19
Presión Die (bar)	14
Velocidad de alimentación (Kg/h)	3

III. EXPERIMENTAL

Formulación funcionalizada (rPPn40): 40% rPP negro + 57% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico

Tabla 21: Valores de temperatura de procesamiento de la mezcla 40% rPPnegro + 57 % PP 561-R + 3% Maleico

Zona	1	2	3	4	5	6	7
Temperatura °C	160	170	175	185	190	200	205
Temperatura °C (R)	160	170	173	186	190	202	205

Tabla 22: Valores de procesamiento de la mezcla de 40% rPP negro + 57% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico

Velocidad de trabajo (rpm)	200
Torque (%)	19
Presión Die (bar)	13
Velocidad de alimentación (Kg/h)	3

Formulación funcionalizada (rPPn30): 30% rPP negro + 67% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico

Tabla 23: Valores de temperatura de procesamiento de la mezcla 30% rPPnegro + 67 % PP 561-R + 3% Maleico

Zona	1	2	3	4	5	6	7
Temperatura °C	160	170	175	185	190	200	205
Temperatura °C (R)	162	170	175	184	192	201	205

Tabla 24: Valores de procesamiento de la mezcla de 30% rPP negro + 67% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico

Velocidad de trabajo (rpm)	200
Torque (%)	17
Presión Die (bar)	15
Velocidad de alimentación (Kg/h)	4

Formulación funcionalizada (rPPn20): 20% rPP negro + 76% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico + 1% Slip Agent

Tabla 25. Valores de temperatura de procesamiento de la mezcla 20% rPPnegro + 76 % PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent

Zona	1	2	3	4	5	6	7
Temperatura °C	160	170	175	185	190	200	205
Temperatura °C (R)	161	170	175	185	190	201	205

III. EXPERIMENTAL

Tabla 26: Valores de procesado de la mezcla de 20% rPP negro + 76% PP 561-R + 3% Anhídrido Maleico + 1% Slip Agent

Velocidad de trabajo (rpm)	200
Torque (%)	19
Presión Die (bar)	14
Velocidad de alimentación (Kg/h)	4

Como ya se ha comentado, se ha decidido que **el proyecto va a ir encaminado a la realización de hilos y consecuentemente de alfombras mediante el uso de polipropileno reciclado**. El polipropileno es uno de los materiales más abundantes dentro de los residuos plásticos dentro de la industria. Es por este motivo por lo que se ha creído que empleando el proyecto BULKY para la reutilización de estos productos, se puede favorecer al reciclaje de estos materiales desechados para la generación de nuevos productos y de esta manera aprovechar miles de toneladas de polipropileno que se están tirando a la basura cada año. Esta finalidad respetuosa con el medioambiente es uno de los puntos clave del proyecto, para de esta forma encontrar un producto óptimo y que permita mejorar la situación que vive el planeta.

Una vez realizadas las mezclas funcionalizadas, continúan con el proceso de caracterización, para conocer el comportamiento y propiedades de las formulaciones y de esta manera poder ir acercándose hacia el objetivo marcado.

III. EXPERIMENTAL

3.4.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS FORMULACIONES FUNCIONALIZADAS

La caracterización de las diversas mezclas de polipropileno reciclado que han sido elegidas para continuar con el proyecto, se han llevado a cabo empleando diversas técnicas como: la reología capilar, el cálculo del Melt Flow Ratio (MFR), Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), Análisis Termogravimétrico (TGA).

Cabe destacar que la realización de las mezclas al 30% y 40% de materia reciclada han sido realizadas posteriormente a los ensayos de caracterización, es decir tras los primeros intentos de hilatura, por lo que estas no aparecen dentro de los análisis de caracterización ya que, interpolando los resultados ya obtenidos, se podía prever cuales iban a ser los de estas formulaciones ya comentadas.

ESTUDIO REOLÓGICO DE LOS MATERIALES

Antes de continuar el proceso con la hilatura multifilamento, se debe elegir cuales de las mezclas son más adecuadas para su posterior hilado. Uno de los factores que se debe conocer es la viscosidad de cada una de estas mezclas, valor que se obtiene empleando la reología capilar de cada una de las formulaciones. Esta técnica permite conocer el comportamiento viscoso de los materiales a ciertas temperaturas y velocidades de cizalla, para de esta forma intuir cómo será su comportamiento en el proceso posterior de extrusión. En este estudio reológico, los diversos ensayos se han realizado a 250 °C y con los mismos parámetros de ensayo para de esta forma poder comparar todas las formulaciones de manera similar. Los parámetros empleados en la caracterización reológica son los siguientes:

III. EXPERIMENTAL

Tabla 27: Características técnicas del equipo de Reología Capilar

Parámetro	Valor
Equipo empleado	Smart Rheo 1000 Capillary Rheometer System
Temperatura de trabajo	250 °C
Diámetro del depósito	15 mm
Longitud del capilar	5 mm, 20 mm y 30 mm
Diámetro del capilar	1 mm
Rango de Presión	100.000 MPa
Rango de carga	20000 N
Tiempo total de precalentamiento	300 s
Compactado	300 N (Fuerza constante)
Fuerza de sujeción	50 N
Numero de Pasos/Steps	7 (100/200/500/1000/2000/5000/10000)

En un comienzo se ha realizado la reología capilar de cada uno de los materiales base (PP 561-R, rPP gris y rPP negro) por separado para de esta forma poder compararlos entre sí y seguidamente con cada una de las mezclas funcionalizadas realizadas.

A continuación, se muestran las gráficas viscosidad/velocidad de cizalla de cizalla obtenidas de cada una de las tres reologías realizadas sobre los materiales base.

Polipropileno virgen 561-R:

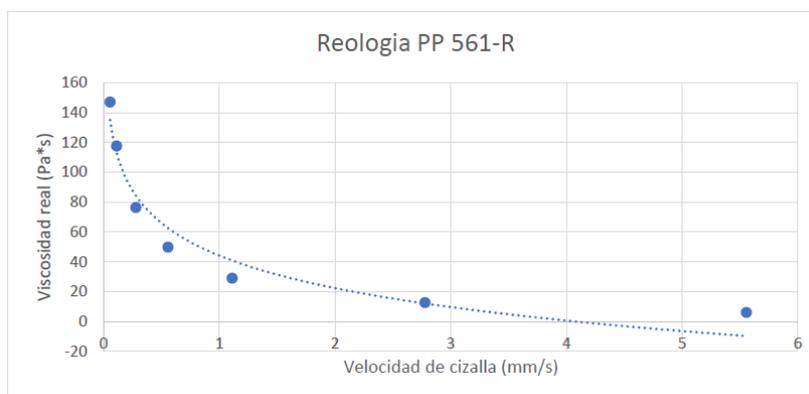


Ilustración 35: Gráfica de la reología realizada a la formulación del PP-561R

III. EXPERIMENTAL

Polipropileno reciclado de rafia de BigBags “gris”:

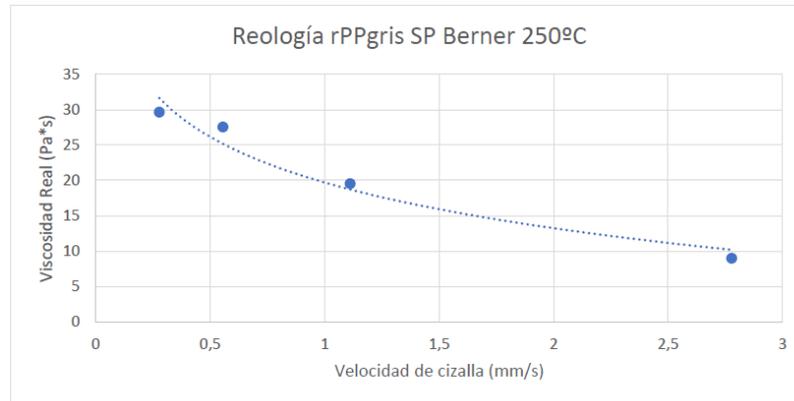


Ilustración 36: Gráfica de la reología realizada a la formulación del rPP gris

Polipropileno reciclado de mantas térmicas del campo “negro”:

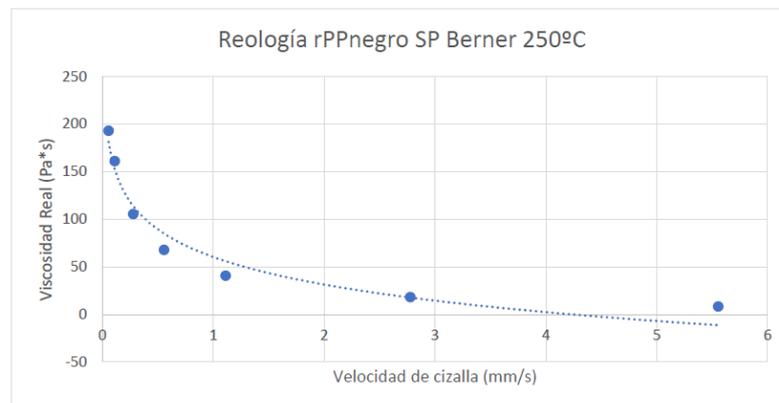


Ilustración 37: Gráfica de la reología realizada a la formulación del rPP negro

En la siguiente ilustración (ilustración 37) se han agrupado los tres resultados para obtener una visión más comparativa de las tres materias base que se han empleado en el desarrollo del proyecto y de esta forma observar cuáles son las diferencias existentes en cada una de ellas.

III. EXPERIMENTAL

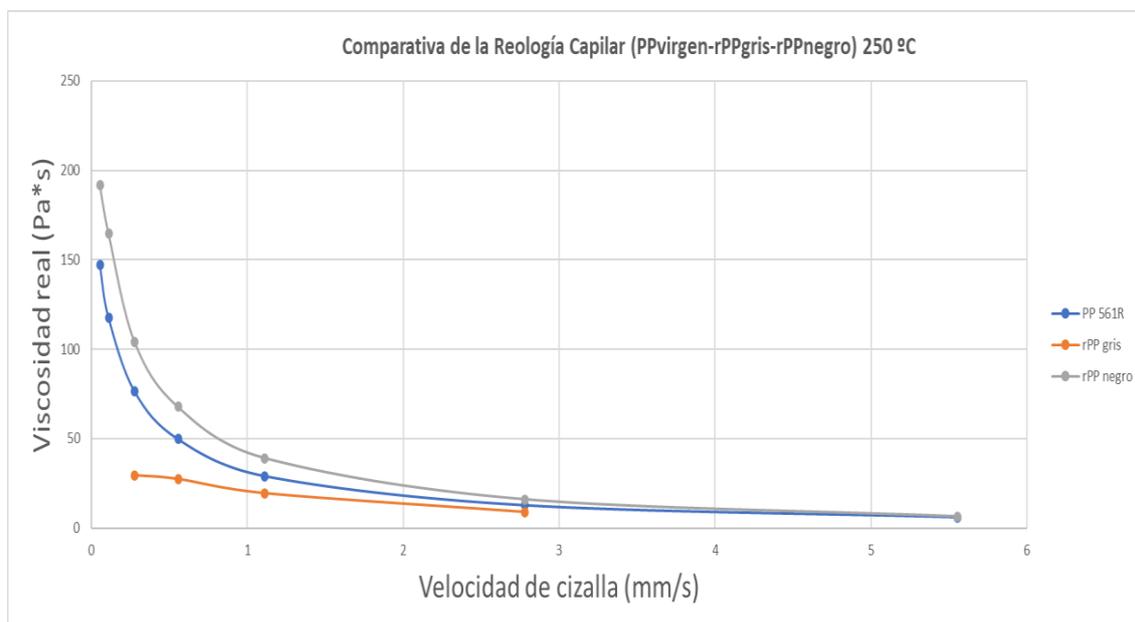


Ilustración 38: Gráfica comparativa de las reologías realizadas a los materiales base

Se observa que el material virgen (PP 561-R) cuenta con una viscosidad intermedia entre el rPPgris y el rPPnegro, siendo estos más fluido en el caso del gris y más viscoso en el caso del negro si los comparamos con este valor del polímero base en estado virgen. Este comportamiento más fluido del rPP gris puede deberse a una ligera degradación del material en el reprocesado o reprocesados que haya podido sufrir, mientras que en el caso del rPP negro, la cantidad de impurezas que pueda haber obtenido en el campo, pueden hacer que la mezcla se vuelva más viscosa.

A continuación, se muestran los diversos resultados obtenidos en la caracterización de las mezclas de los dos grados de polipropileno reciclado que se ha obtenido junto al polipropileno virgen. Se han realizado mezclas empleando porcentajes desde el 80% al 20% con cada una de las materias recicladas y de esta forma comprobar cuáles de las formulaciones se comportan mejor.

III. EXPERIMENTAL

Formulación Funcionalizada: 80% rPP gris +17% PP 561-R + 3% Maleico

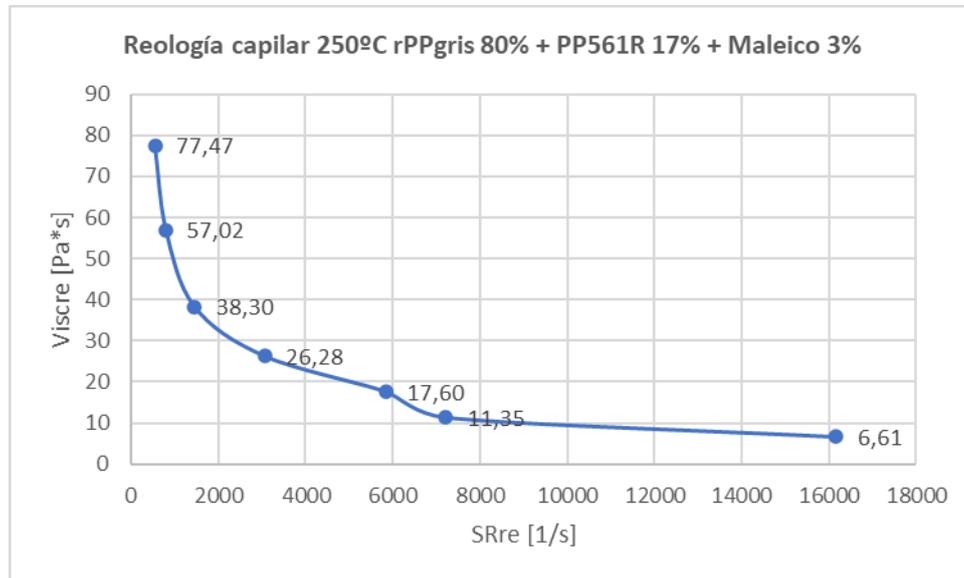


Ilustración 39: Gráfica de la reología realizada a la mezcla 80% rPP gris +17% PP 561-R + 3% Maleico

Formulación Funcionalizada: 60% rPP gris +37% PP 561-R + 3% Maleico

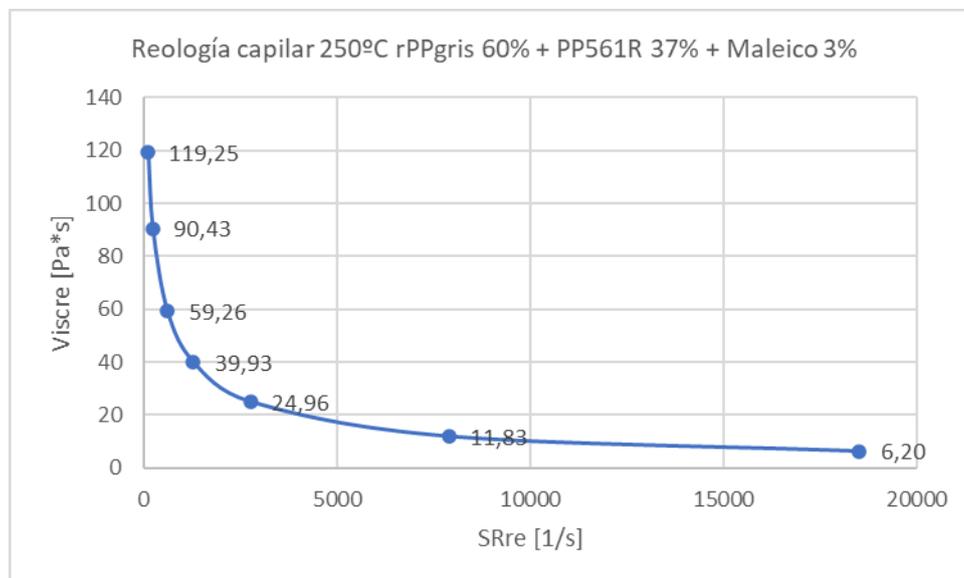


Ilustración 40: Gráfica de la reología realizada a la mezcla 60% rPP gris +37% PP 561-R + 3% Maleico

III. EXPERIMENTAL

Formulación Funcionalizada: 40% rPP gris +57% PP 561-R + 3% Maleico

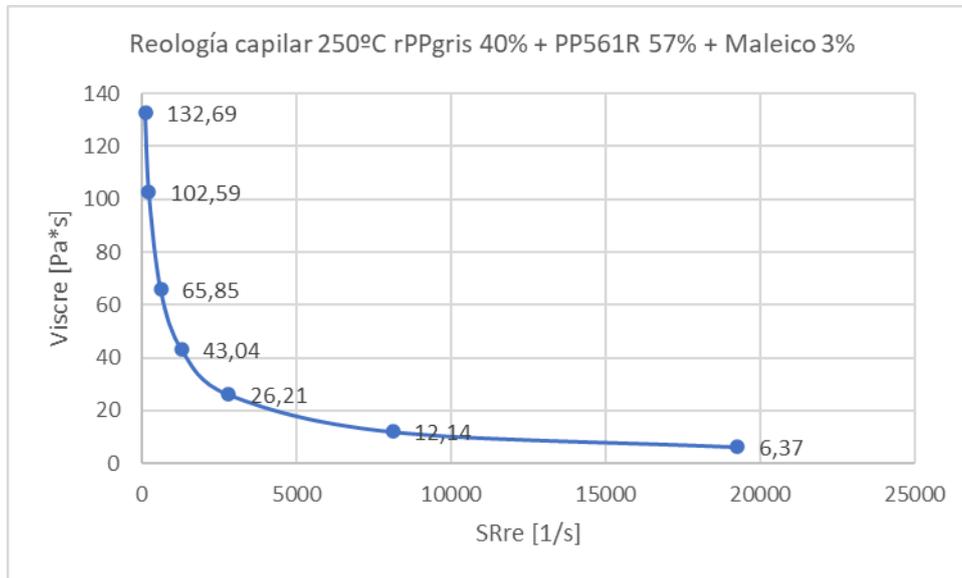


Ilustración 41: Gráfica de la reología realizada a la mezcla 40% rPP gris +57% PP 561-R + 3% Maleico

Formulación Funcionalizada: 80% rPP negro +17% PP 561-R + 3% Maleico

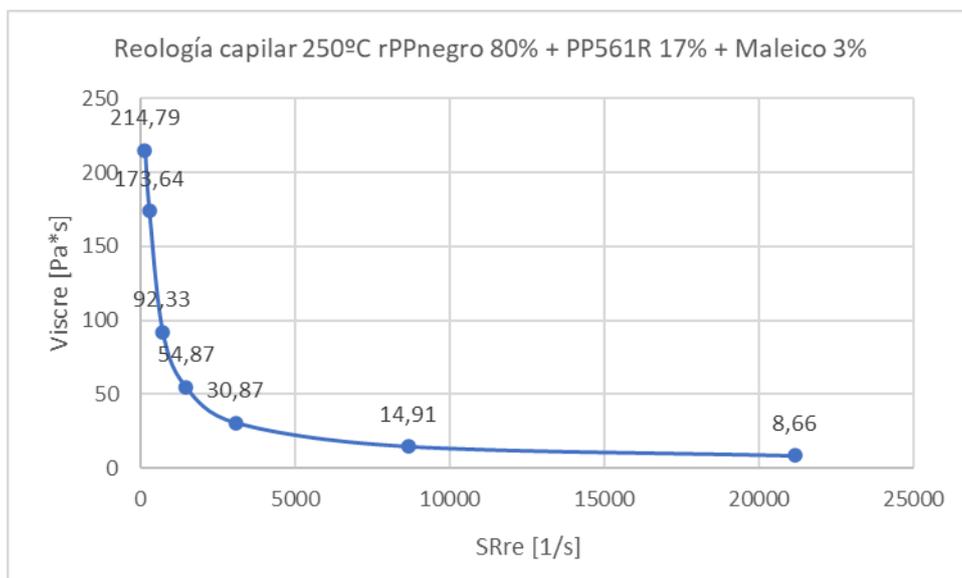


Ilustración 42: Gráfica de la reología realizada a la mezcla 80% rPP negro +17% PP 561-R + 3% Maleico

III. EXPERIMENTAL

Formulación Funcionalizada: 60% rPP negro +37% PP 561-R + 3% Maleico

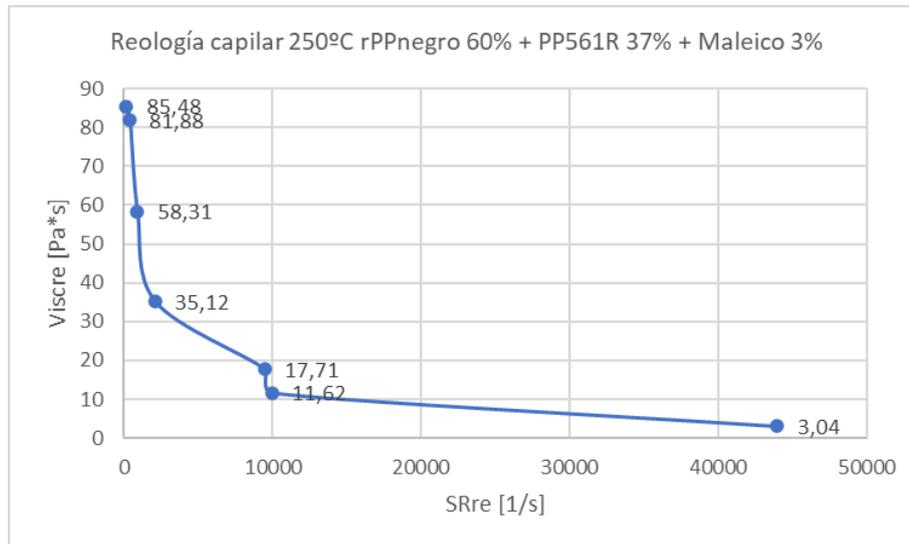


Ilustración 43: Gráfica de la reología realizada a la mezcla 60% rPP negro +37% PP 561-R + 3% Maleico

Formulación Funcionalizada: 40% rPP negro +57% PP 561-R + 3% Maleico

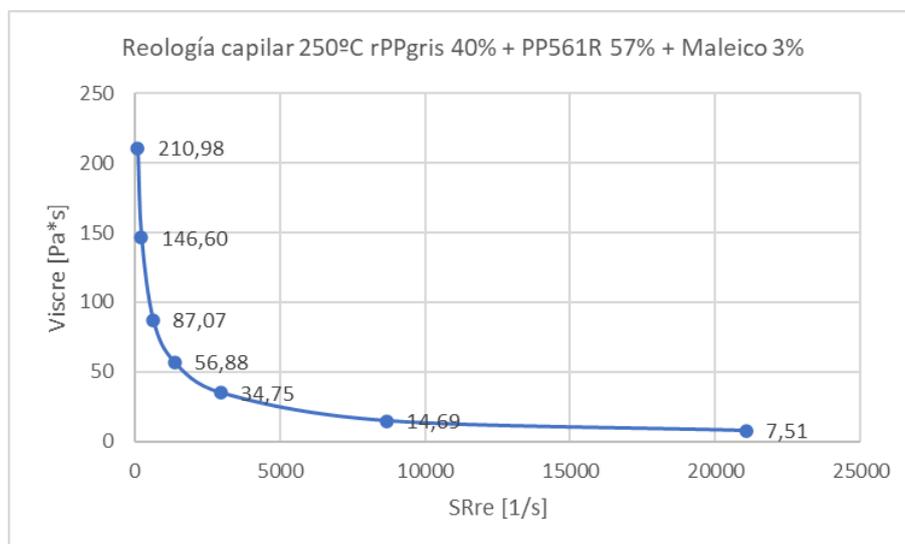


Ilustración 44: Gráfica de la reología realizada a la mezcla 40% rPP negro +57% PP 561-R + 3% Maleico

Tras observar los resultados obtenidos, se aprecia un comportamiento de todas las mezclas muy parejo y esperado, donde la viscosidad se reduce conforme aumenta la temperatura y se incrementa la velocidad de cizalla. El rPP gris cuenta con una fluidez superior al rPP negro, propiedad que se continúa estudiando en los siguientes apartados del proyecto.

III. EXPERIMENTAL

ESTUDIO DEL MELT FLOW RATE (MFR) DE LOS MATERIALES

Mediante el cálculo del Melt Flow Index o MFR se ha obtenido el índice de fluidez de los materiales y de las mezclas obtenidas en las tareas de compound. Al igual que se ha realizado en las reologías capilares, primero se ha ensayado cada uno de los materiales base (PP 561-R, rPP gris y rPP negro) y posteriormente las diversas mezclas producidas para de esta forma poder comparar los resultados de las mezclas con el de las materias vírgenes. Las caracterizaciones se han basado en la norma *ISO-1133 "Determination of the melt mass-flow rate (MFR) and the melt volume-flow rate (MVR) of thermoplastics"*. (Standard, 1999)

En la siguiente tabla se detallan las diversas características y condiciones empleadas en el ensayo para calcular el "Melt Flow Rate (MFR)" tal como se indica en la norma:

Tabla 28: Características técnicas del equipo de MFR

Propiedades	Valor
Modelo del equipo	Zwick Roell 4100
Longitud/Diámetro del cilindro	150 mm/9,55 mm \pm 0,025 mm
Cabeza/Cuerpo del cilindro	6.35 mm \pm 0,10 mm/9 mm
Distancia de la zona de referencia	30mm
Longitud/Diámetro interno del cabezal	8 mm \pm 0,025 mm/2,095mm
Tiempo	Precisión de 1s
Peso	Precisión de 0,1mg
Herramienta de corte	Espátula de aluminio
Masa de la muestra	5-10 g
Temperatura de ensayo	230 °C
Carga nominal	2,16 kg

A pesar de que la temperatura de ensayo que se indica en la norma es de 230 °C, se realizan además caracterizaciones a 190 °C y 250 °C. Mediante este proceso se aprecia la forma en la que el polímero fundido fluye, dato que se emplea para ajustarse a valores que se pueden alcanzar en el proceso de hilatura y para comparar los resultados con los valores de los ensayos de reología capilar realizados.

III. EXPERIMENTAL

A continuación, se muestran cada una de las caracterizaciones realizadas, se ha analizado cada una de las materias primas por separado y posteriormente a las diversas mezclas funcionalizadas.

MFR del Polipropileno 561-R:

Tabla 29: Resultados de la caracterización MFR del PP 561-R a 190 °C, 230 °C y 250 °C

	MFI PP 561-R (190°C)		MFI PP 561-R (230°C)		MFI PP 561-R (250°C)	
Nº Ensayo	1	2	1	2	1	2
Temperatura (°C)	190		230		250	
Peso (kg)	2,16		2,16		2,16	
Tiempo de corte (s)	3	3	3	3	3	3
Nº Muestras	8	8	8	8	4	4
Error de las muestras	±0,005		±0,005		±0,005	
Muestra 1	0,05	0,05	0,12	0,12	0,20	0,13
Muestra 2	0,05	0,05	0,12	0,12	0,21	0,10
Muestra 3	0,05	0,05	0,12	0,12	0,20	0,11
Muestra 4	0,05	0,05	0,12	0,12	0,18	0,11
Muestra 5	0,05	0,05	0,12	0,12	0,00	0,00
Muestra 6	0,05	0,05	0,12	0,12	0,00	0,00
Muestra 7	0,05	0,05	0,12	0,12	0,00	0,00
Muestra 8	0,05	0,05	0,12	0,12	0,00	0,00
MFR Muestra (g/10min)	9,458	10,21	23,12	24,09	39,73	22,21
MFR FINAL (g/10min)	9,84		23,61		30,98	

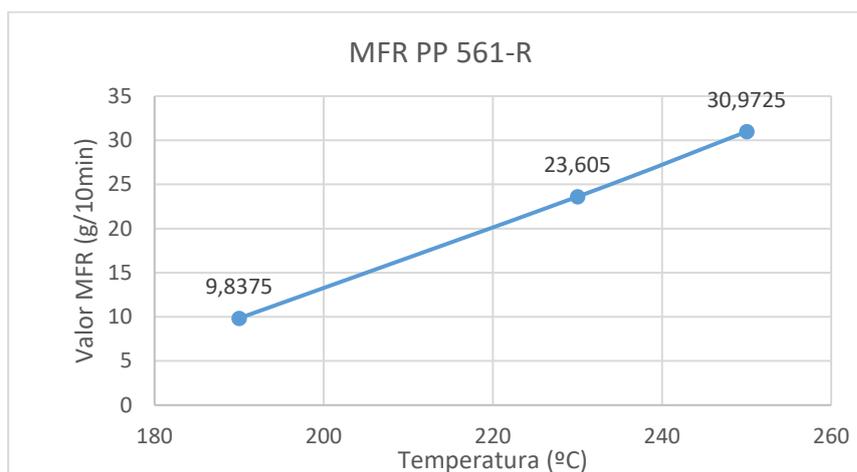


Ilustración 45: Gráfica de los resultados de la caracterización MFR del PP 561-R a 190 °C, 230 °C y 250 °C

III. EXPERIMENTAL

MFR del Polipropileno reciclado de rafia de "big bags" (Gris):

Tabla 30: Resultados de la caracterización MFR del rPP gris a 190 °C, 230 °C y 250 °C

Nº Ensayo	MFI rPPgris (190 °C)		MFI rPPgris (230 °C)		MFI rPPgris (250 °C)	
	1	2	1	2	1	2
Temperatura (°C)	190		230		250	
Peso (kg)	2,16		2,16		2,16	
Tiempo de corte (s)	3	3	2	2	3	3
Nº Muestras	8	8	6	6	4	4
Error de las muestras	±0,005		±0,005		±0,005	
Muestra 1	0,13	0,13	0,20	0,20	0,24	0,23
Muestra 2	0,13	0,13	0,20	0,20	0,24	0,23
Muestra 3	0,13	0,13	0,20	0,20	0,24	0,23
Muestra 4	0,13	0,13	0,20	0,20	0,24	0,23
Muestra 5	0,13	0,13	0,20	0,20	0,24	0,23
Muestra 6	0,13	0,13	0,20	0,20	0,24	0,23
Muestra 7	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00
Muestra 8	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00
MFR Muestra (g/10min)	25,86	26,12	60,00	59,40	71,40	69,78
MFR FINAL (g/10min)	25,99		59,70		70,59	

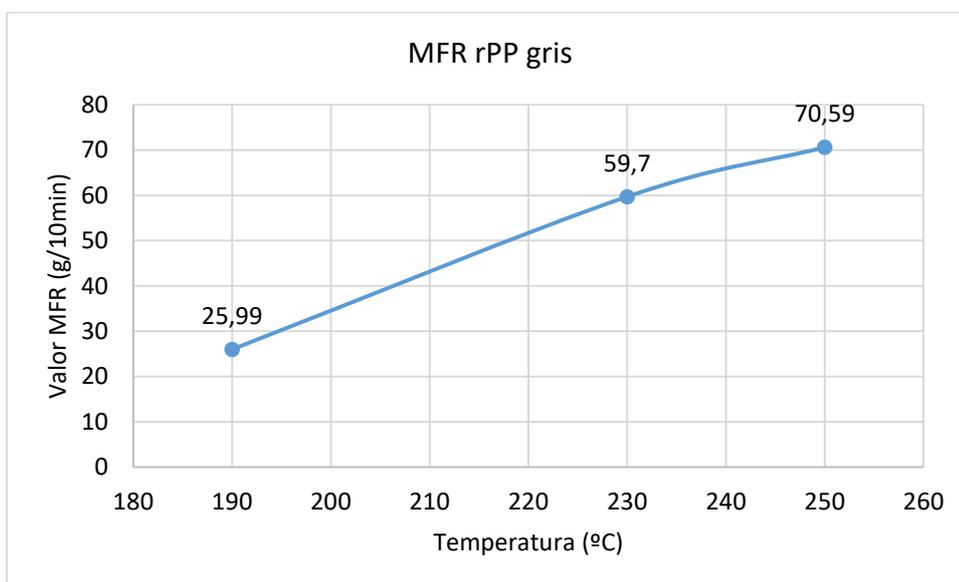


Ilustración 46: Gráfica de los resultados de la caracterización MFR del rPP gris a 190 °C, 230 °C y 250 °C

III. EXPERIMENTAL

MFR del polipropileno reciclado de mantas térmicas (Negro):

Tabla 31: Resultados de la caracterización MFR del rPP negro a 190 °C, 230 °C y 250 °C

Nº Ensayo	MFI rPPnegro (190 °C)		MFI rPPnegro (230 °C)		MFI rPPnegro (250 °C)	
	1	2	1	2	1	2
Temperatura (°C)	190		230		250	
Peso (kg)	2,16		2,16		2,16	
Tiempo de corte (s)	5	5	3	3	4	4
Nº Muestras	8	8	8	8	8	8
Error de las muestras	±0,005		±0,005		±0,005	
Muestra 1	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,09
Muestra 2	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,09
Muestra 3	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,09
Muestra 4	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,09
Muestra 5	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,09
Muestra 6	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,09
Muestra 7	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,09
Muestra 8	0,03	0,03	0,05	0,05	0,10	0,09
MFR Muestra (g/10min)	3,75	4,30	9,4	10,42	14,72	13,04
MFR FINAL (g/10min)	4,02		9,91		13,88	

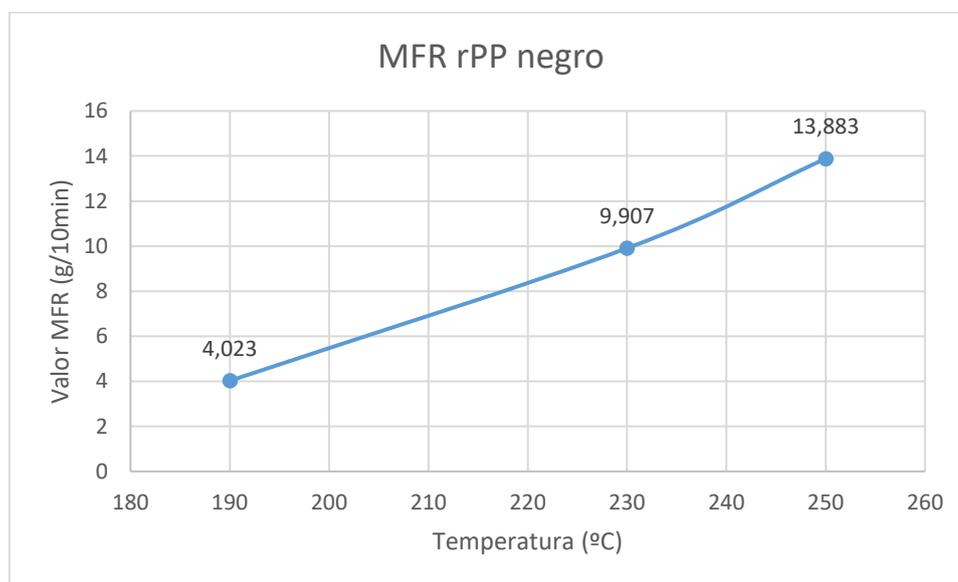


Ilustración 47: Gráfica de los resultados de la caracterización MFR del rPP negro a 190 °C, 230 °C y 250 °C

III. EXPERIMENTAL

Comparativa de los MFR de las 3 materias base:

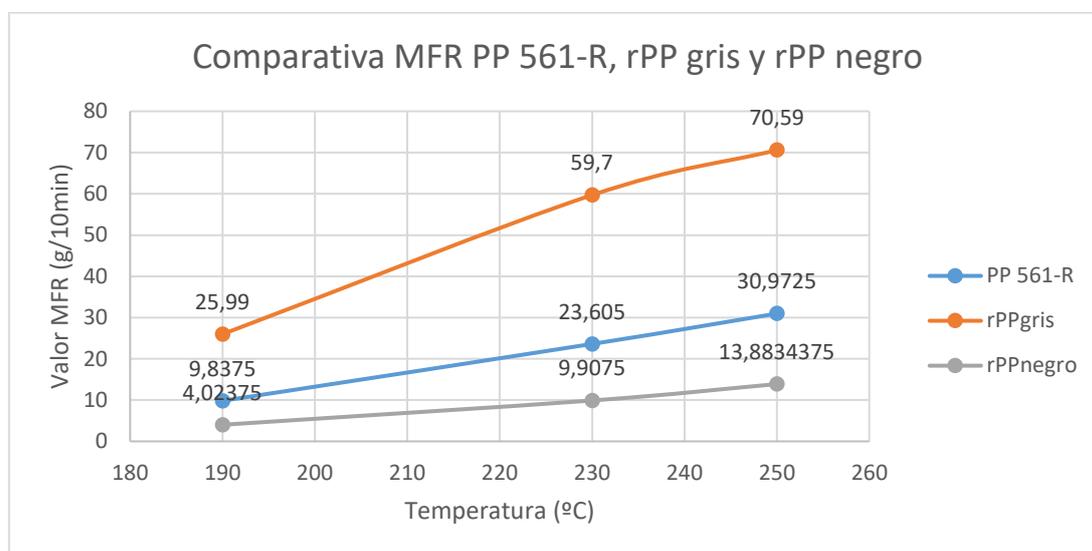


Ilustración 48: Grafica comparativa de los resultados de las materias base (PP 561-R, rPP gris y rPP negro)

Viendo los resultados obtenidos de los ensayos de caracterización realizados a las materias vírgenes, se observa que el material reciclado gris, es el que obtiene unos valores de MFR más elevados, lo que indica que se trata de un material más fluido que los otros dos. Esto puede ser debido a una ligera degradación del material debido al reprocesado o directamente a que las características de ese tipo de polipropileno le dan una fluidez mayor. Opuesto a este, el reciclado negro es el material con un menor valor de MFR, que indica una mayor viscosidad respecto a los otros dos. Al igual que en el caso anterior puede ser debido a las características del polipropileno del que está compuesto, pero el hecho de que cuente con gran cantidad de impurezas puede ser un causante de esta viscosidad mayor.

En cuanto al polipropileno virgen, este se sitúa entre ambos reciclados, con un valor de MFR medio. Con esto se puede deducir que combinando los reciclados con materia virgen (PP-561R), estos se harán más fluidos en el caso de rPPnegro y más viscoso en el caso del rPPgris, ajustando de esta manera cada una de las mezclas ara poder obtener una con buen comportamiento en la hilatura posterior. Viendo estos resultados es donde se ha decidido que la realización de mezclas rPP/PP puede ayudar a que las formulaciones tengan un mayor parecido a la materia base, con la cual ya se tiene una experiencia notable en su procesado en los procesos de hilatura.

III. EXPERIMENTAL

MFR de la formulación 80% rPPgris + 17% PP 561R + 3%Maleico:

Tabla 32: Resultados de la caracterización MFR de la formulación 80% rPPgris + 17% PP 561R + 3%Maleico a 190 °C, 230 °C y 250 °C

	80% rPPgris + 17% PP 561R + 3%Maleico (190 °C)		80% rPPgris + 17% PP 561R + 3%Maleico (230 °C)		80% rPPgris + 17% PP 561R + 3%Maleico (250 °C)	
Nº Ensayo	1	2	1	2	1	2
Temperatura (°C)	190		230		250	
Peso (kg)	2,16		2,16		2,16	
Tiempo de corte (s)	3	3	2	2	2	2
Nº Muestras	8	8	8	8	6	6
Error de las muestras	±0,005		±0,005		±0,005	
Muestra 1	0,13	0,16	0,17	0,17	0,23	0,22
Muestra 2	0,13	0,15	0,17	0,17	0,23	0,22
Muestra 3	0,12	0,11	0,17	0,17	0,23	0,22
Muestra 4	0,13	0,15	0,17	0,17	0,23	0,22
Muestra 5	0,13	0,15	0,17	0,17	0,23	0,22
Muestra 6	0,13	0,14	0,17	0,17	0,23	0,22
Muestra 7	0,12	0,15	0,17	0,17	0,00	0,00
Muestra 8	0,13	0,15	0,17	0,17	0,00	0,00
MFR Muestra (g/10min)	25,08	29,86	51,99	52,08	69,72	65,13
MFR FINAL (g/10min)	27,47		52,03		67,42	

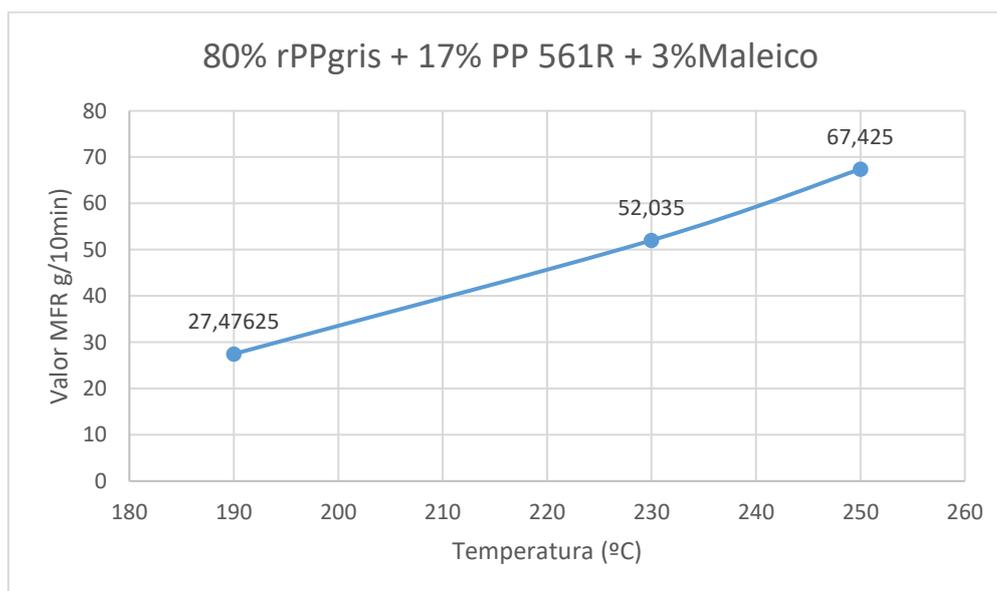


Ilustración 49: Gráfica de los resultados de la caracterización MFR de la formulación 80% rPPgris + 17% PP 561R + 3%Maleico a 190 °C, 230 °C y 250 °C

III. EXPERIMENTAL

MFR de la formulación 60% rPPgris + 37% PP 561R + 3%Maleico:

Tabla 33: Resultados de la caracterización MFR de la formulación 60% rPPgris + 37% PP 561R + 3%Maleico

	60% rPPgris + 37% PP 561R + 3%Maleico (190 °C)		60% rPPgris + 37% PP 561R + 3%Maleico (230 °C)		60% rPPgris + 37% PP 561R + 3%Maleico (250 °C)	
	1	2	1	2	1	2
Nº Ensayo	1	2	1	2	1	2
Temperatura (°C)	190		230		250	
Peso (kg)	2,16		2,16		2,16	
Tiempo de corte (s)	3	3	2	2	2	2
Nº Muestras	8	8	8	8	6	6
Error de las muestras	±0,005		±0,005		±0,005	
Muestra 1	0,10	0,11	0,17	0,18	0,21	0,22
Muestra 2	0,10	0,11	0,17	0,18	0,21	0,22
Muestra 3	0,10	0,10	0,17	0,18	0,21	0,22
Muestra 4	0,10	0,10	0,17	0,18	0,21	0,22
Muestra 5	0,10	0,10	0,17	0,18	0,21	0,22
Muestra 6	0,10	0,10	0,17	0,18	0,21	0,22
Muestra 7	0,10	0,11	0,17	0,18	0,000	0,000
Muestra 8	0,09	0,11	0,17	0,18	0,000	0,000
MFR Muestra (g/10min)	19,79	20,84	49,98	53,04	61,77	64,98
MFR FINAL (g/10min)	20,32		51,51		63,37	

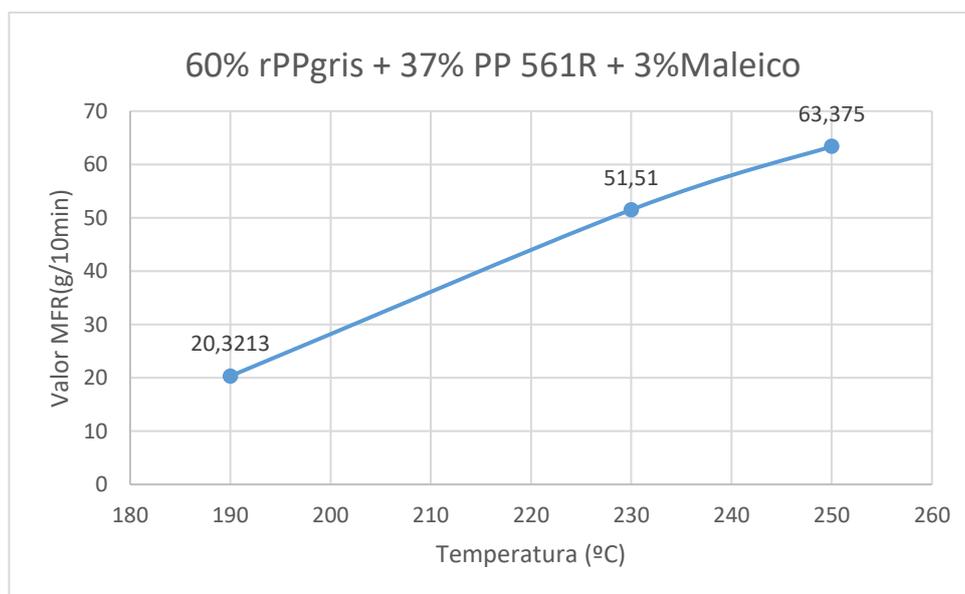


Ilustración 50: Gráfica de los resultados de la caracterización MFR de la formulación 60% rPPgris + 37% PP 561R + 3%Maleico

III. EXPERIMENTAL

MFR de la formulación 40% rPPgris + 57% PP 561R + 3%Maleico:

Tabla 34: Resultados de la caracterización MFR de la formulación 40% rPPgris + 57% PP 561R + 3%Maleico

	40% rPPgris + 57% PP 561R + 3%Maleico (190 °C)		40% rPPgris + 57% PP 561R + 3%Maleico (230 °C)		40% rPPgris + 57% PP 561R + 3%Maleico (250 °C)	
	1	2	1	2	1	2
Nº Ensayo	1	2	1	2	1	2
Temperatura (°C)	190		230		250	
Peso (kg)	2,16		2,16		2,16	
Tiempo de corte (s)	3	3	3	1	2	2
Nº Muestras	8	8	6	8	6	6
Error de las muestras	±0,005		±0,005		±0,005	
Muestra 1	0,09	0,08	0,19	0,08	0,19	0,20
Muestra 2	0,09	0,08	0,22	0,08	0,19	0,20
Muestra 3	0,09	0,08	0,20	0,08	0,19	0,20
Muestra 4	0,09	0,08	0,19	0,08	0,19	0,20
Muestra 5	0,09	0,08	0,22	0,08	0,19	0,20
Muestra 6	0,09	0,08	0,21	0,08	0,19	0,20
Muestra 7	0,09	0,08	0,00	0,08	0,00	0,00
Muestra 8	0,09	0,08	0,00	0,08	0,00	0,00
MFR Muestra (g/10min)	17,33	16,53	41,29	48,45	57,30	58,59
MFR FINAL (g/10min)	16,93		44,87		57,95	

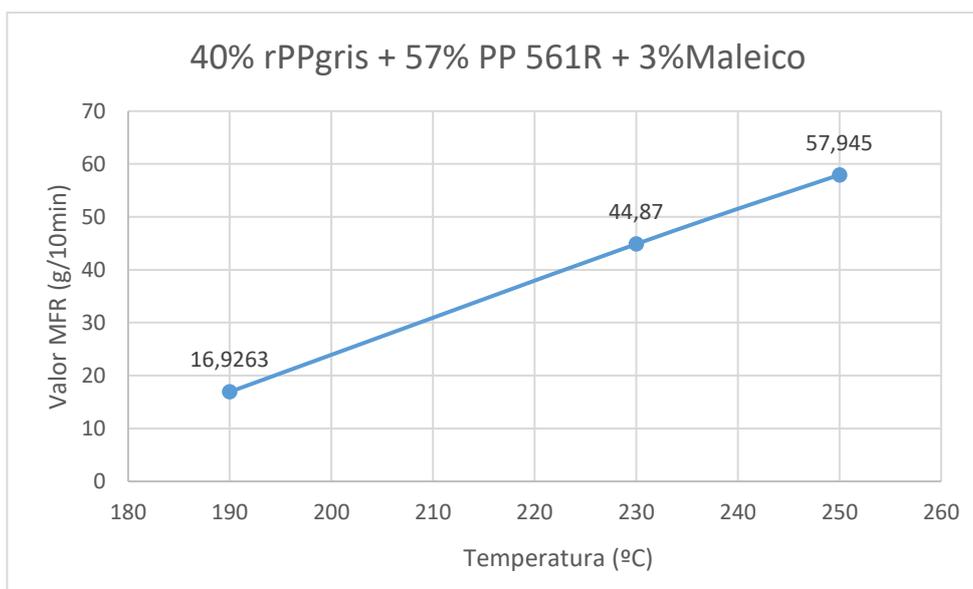


Ilustración 51: Grafica de los resultados de la caracterización MFR de la formulación 40% rPPgris + 57% PP 561R + 3%Maleico

III. EXPERIMENTAL

MFR de la formulación 80% rPPnegro + 17% PP 561R + 3%Maleico:

Tabla 35: Resultados de la caracterización MFR de la formulación 80% rPPnegro + 17% PP 561R + 3% Maleico

Nº Ensayo	80% rPPnegro + 17% PP 561R + 3%Maleico (190 °C)		80% rPPnegro + 17% PP 561R + 3%Maleico (230 °C)		80% rPPnegro + 17% PP 561R + 3%Maleico (250 °C)	
	1	2	1	2	1	2
Temperatura (°C)	190		230		250	
Peso (kg)	2,16		2,16		2,16	
Tiempo de corte (s)	5	5	5	5	4	4
Nº Muestras	8	7	8	8	8	8
Error de las muestras	±0,005		±0,005		±0,005	
Muestra 1	0,04	0,04	0,08	0,08	0,09	0,10
Muestra 2	0,04	0,04	0,08	0,08	0,09	0,10
Muestra 3	0,04	0,04	0,08	0,08	0,09	0,10
Muestra 4	0,04	0,04	0,08	0,08	0,09	0,10
Muestra 5	0,04	0,04	0,08	0,08	0,09	0,10
Muestra 6	0,04	0,04	0,08	0,08	0,09	0,10
Muestra 7	0,04	0,04	0,08	0,08	0,09	0,10
Muestra 8	0,03	0,00	0,08	0,09	0,09	0,10
MFR Muestra (g/10min)	4,34	4,69	9,50	10,03	11,54	14,21
MFR FINAL (g/10min)	4,52		9,77		12,88	

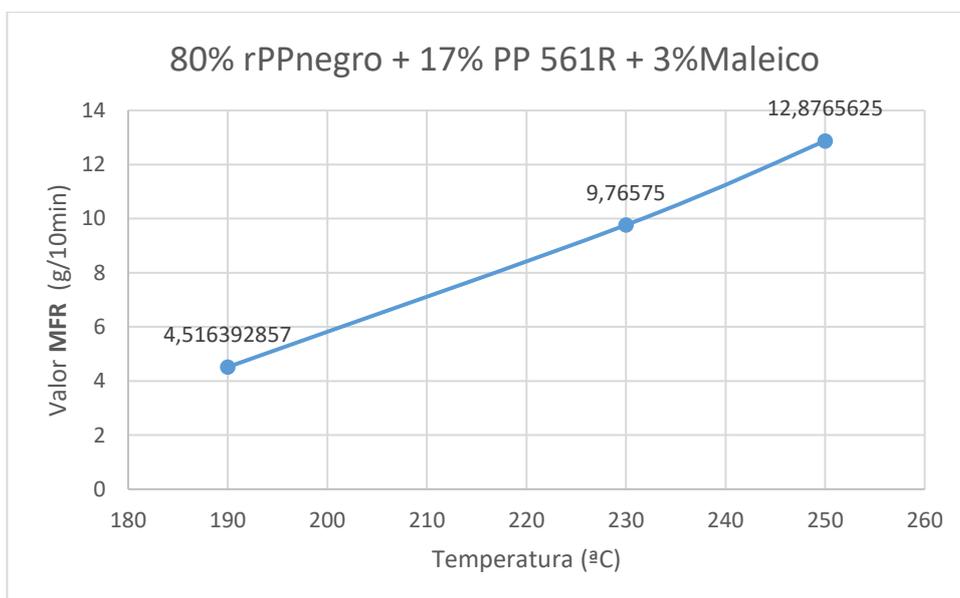


Ilustración 52: Grafica de los resultados de la caracterización MFR de la formulación 80% rPPnegro + 17% PP 561R + 3% Maleico

III. EXPERIMENTAL

MFR de la formulación 60% rPPnegro + 37% PP 561R + 3%Maleico:

Tabla 36: Resultados de la caracterización MFR de la formulación 60% rPPnegro + 37% PP 561R + 3% Maleico

Nº Ensayo	60% rPPnegro + 37% PP 561R + 3%Maleico (190 °C)		60% rPPnegro + 37% PP 561R + 3%Maleico (230 °C)		60% rPPnegro + 37% PP 561R + 3%Maleico (250 °C)	
	1	2	1	2	1	2
Temperatura (°C)	190		230		250	
Peso (kg)	2,16		2,16		2,16	
Tiempo de corte (s)	5	5	5	5	4	4
Nº Muestras	8	8	8	8	8	8
Error de las muestras	±0,005		±0,005		±0,005	
Muestra 1	0,05	0,05	0,12	0,10	0,12	0,12
Muestra 2	0,05	0,05	0,13	0,10	0,12	0,12
Muestra 3	0,05	0,05	0,12	0,10	0,12	0,11
Muestra 4	0,05	0,05	0,11	0,10	0,12	0,11
Muestra 5	0,05	0,05	0,12	0,11	0,12	0,12
Muestra 6	0,05	0,05	0,12	0,11	0,12	0,11
Muestra 7	0,05	0,05	0,12	0,10	0,12	0,12
Muestra 8	0,05	0,05	0,12	0,11	0,12	0,12
MFR Muestra (g/10min)	5,44	6,22	14,47	12,55	17,80	17,50
MFR FINAL (g/10min)	5,83		13,51		17,65	

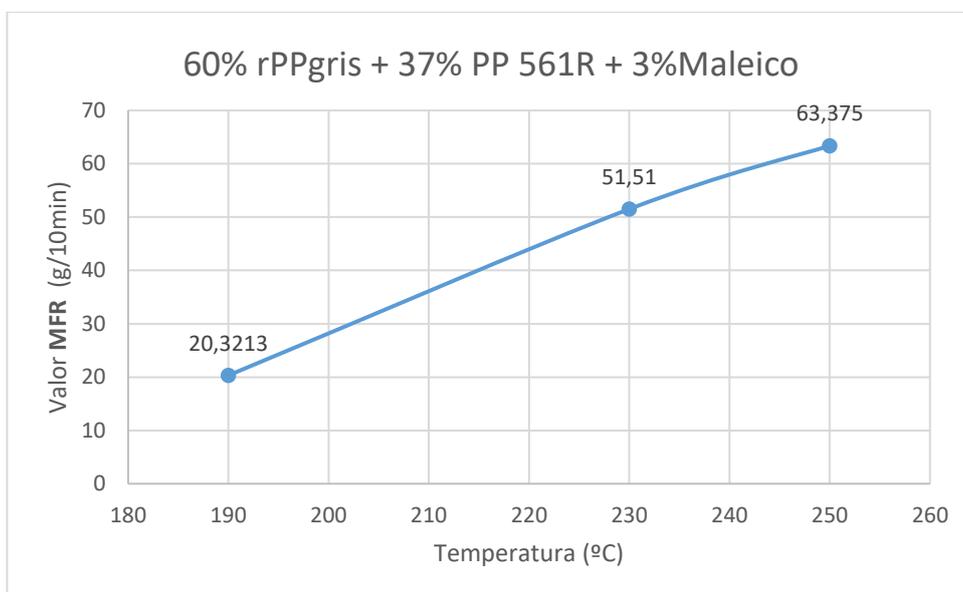


Ilustración 53: Gráfica de los resultados de la caracterización MFR de la formulación 60% rPPnegro + 37% PP 561R + 3% Maleico

III. EXPERIMENTAL

MFR de la formulación 40% rPPnegro + 57% PP 561R + 3%Maleico:

Tabla 37: Resultados de la caracterización MFR de la formulación 40% rPPnegro + 57% PP 561R + 3% Maleico

Nº Ensayo	40% rPPnegro + 57% PP 561R + 3%Maleico (190 °C)		40% rPPnegro + 57% PP 561R + 3%Maleico (230 °C)		40% rPPnegro + 57% PP 561R + 3%Maleico (250 °C)	
	1	2	1	2	1	2
Temperatura (°C)	190		230		250	
Peso (kg)	2,16		2,16		2,16	
Tiempo de corte (s)	5	5	5	5	4	4
Nº Muestras	7	8	8	8	8	8
Error de las muestras	±0,005		±0,005		±0,005	
Muestra 1	0,06	0,06	0,14	0,13	0,14	0,14
Muestra 2	0,06	0,06	0,13	0,13	0,14	0,15
Muestra 3	0,06	0,06	0,13	0,12	0,14	0,14
Muestra 4	0,06	0,06	0,13	0,13	0,14	0,14
Muestra 5	0,06	0,06	0,13	0,12	0,15	0,14
Muestra 6	0,05	0,06	0,13	0,13	0,15	0,14
Muestra 7	0,06	0,06	0,13	0,12	0,14	0,14
Muestra 8	0,00	0,06	0,13	0,12	0,14	0,15
MFR Muestra (g/10min)	6,60	6,76	15,71	14,89	21,51	21,31
MFR FINAL (g/10min)	6,68		15,30		21,41	

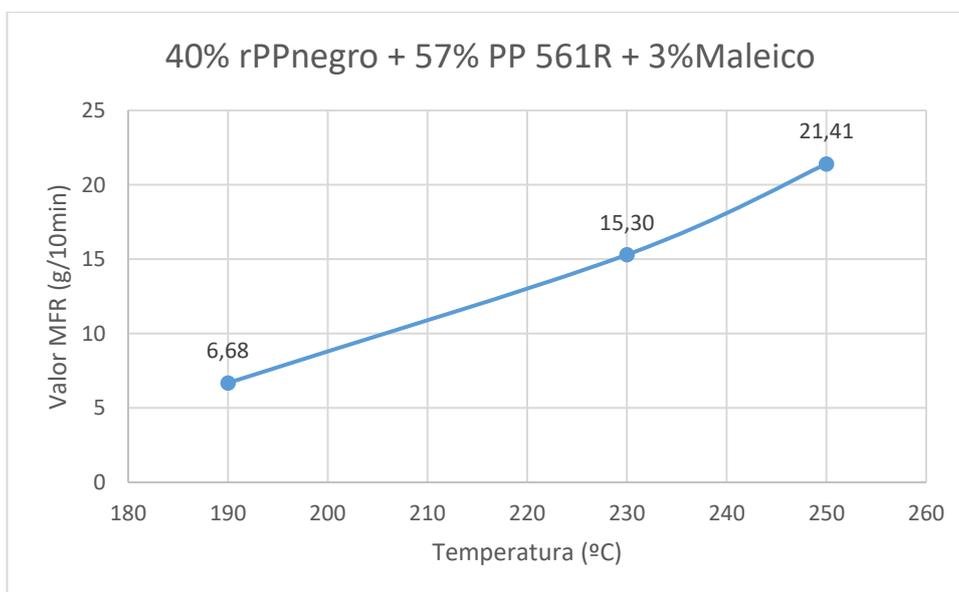


Ilustración 54: Gráfica de los resultados de la caracterización de la formulación 40% rPPnegro + 57% PP 561R + 3% Maleico

III. EXPERIMENTAL

Comparativa de las formulaciones respecto al PP 561-R:

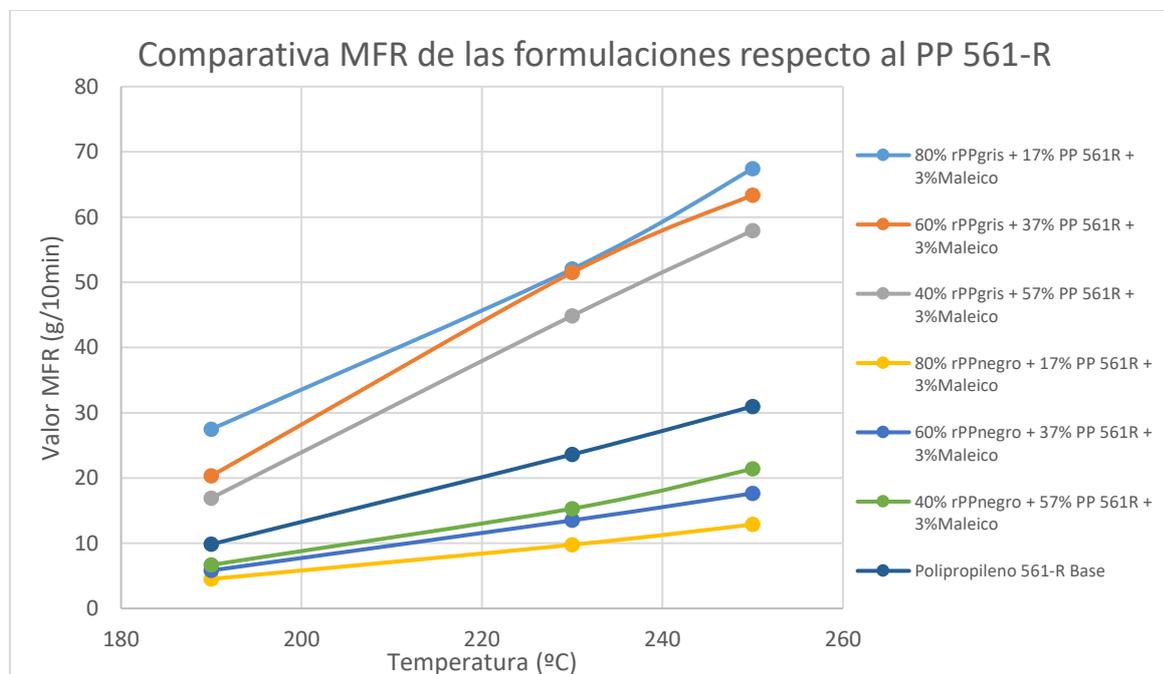


Ilustración 55: Grafica comparativa de los resultados de las diferentes formulaciones respecto al polipropileno 561-R

Tras los ensayos se ha obtenido los resultados esperados, donde se observa que conforme el porcentaje de materia reciclada es mayor, los valores distan más de los del material en su forma original. En el caso del rPP gris ganando mayor fluidez y en el caso del rPP negro ganando viscosidad con el aumento tanto del porcentaje de reciclado en la formulación como de la temperatura de ensayo.

Como es lógico, conforme se aumenta la temperatura, la viscosidad del material se reduce, pero el salto entre las muestras ensayadas a 190 °C y 250 °C es bastante superior en el caso del rPP gris (entre 39 y 41 puntos del valor MFR) respecto al rPP negro (entre 8 y 14 puntos del valor MFR)

III. EXPERIMENTAL

CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC) DE LAS MATERIAS RECICLADAS

Los ensayos de calorimetría diferencial de barrido han sido realizados por la Escuela Politécnica Superior de Alcoy, concretamente por el Instituto Técnico de Materiales (ITM) que participaba como servicio externo del proyecto. Para ello se ha empleado una célula de medida Mettler-Toledo 821 que pertenece al conjunto de técnicas de análisis térmico integrable de la serie STAR e-2000. (Instituto de Tecnología de Materiales, (ITM), 2019). A continuación, se expone una tabla con las características del equipo:

Tabla 38: Características técnicas del equipo DSC Mettler-Toledo 821

Propiedades	Valor
Rango de temperatura	T _{amb} hasta 700 °C
Precisión en temperatura	± 0,20 °C
Reproducibilidad temperatura	± 0,10 °C
Velocidad de calentamiento	0 (cond. Isotérmicas) hasta 100 °C/min
Velocidad de enfriamiento (aire)	Máx T hasta 100 °C en 8-9 min
Velocidad de enfriamiento (N ₂ liq.)	100 °C hasta -100 °C en 15 min
Precisión medidas de entalpía	± 2%
Tipo de sensor	Cerámico
Constante de tiempo de señal	2,3 s
Rango de medidas 100 °C	± 350 mW
Rango de medidas 100 °C	±250 mW
Rango de medidas 100 °C	± 200 mW
Resolución	0,04 μW

Los crisoles empleados han sido del tipo estándar de aluminio con tapa sellada para que no haya pérdida y con una capacidad de 40 μl. Se ha calibrado la célula DSC con parones de Indio y Zinc con punto de fusión y entalpía conocidos. Se han empleado las siguientes condiciones de ensayo.

III. EXPERIMENTAL

Tabla 39: Condiciones de ensayo utilizadas en la Calorimetría Diferencia de Barrido (DSC)

Propiedades	Valor
Cantidad de material	5-10 mg
Tipo de atmósfera	Aire
Rampa de temperatura	30 a 350 °C
Velocidad de calentamiento	10 °C min ⁻¹

Se procede a mostrar los resultados obtenidos en la caracterización mediante DSC:

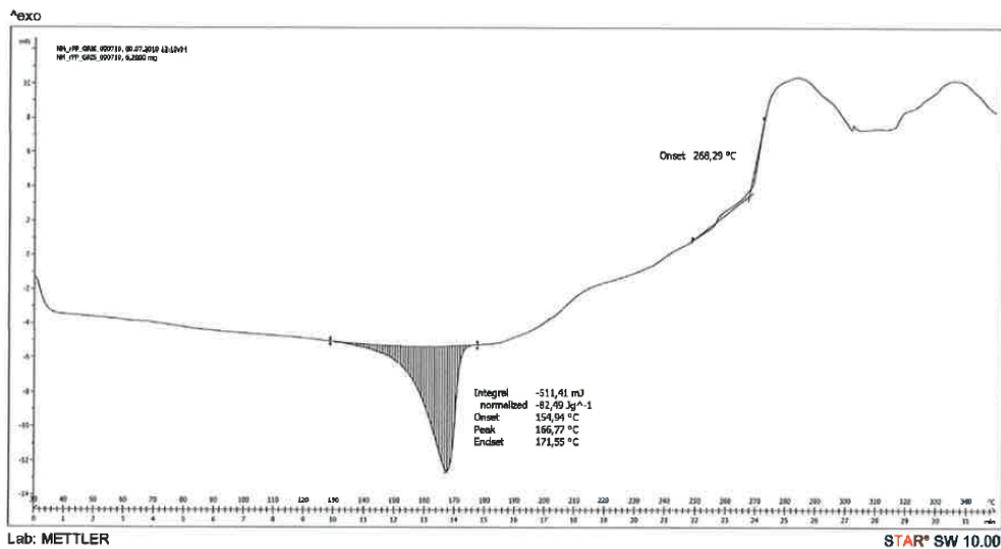


Ilustración 56: Gráfico calorimétrico de la muestra rPP GRIS.

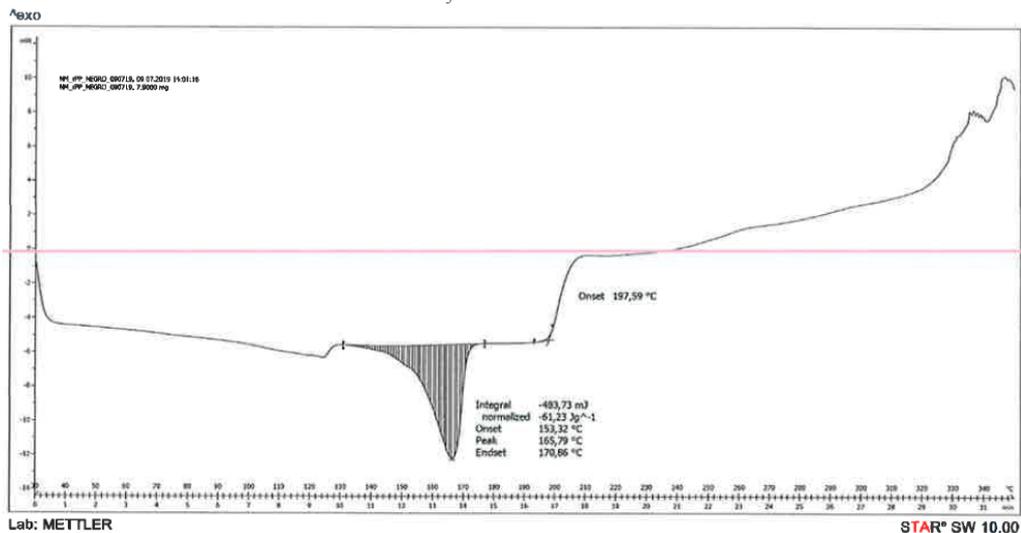


Ilustración 57: Gráfico calorimétrico de la muestra rPP NEGRO.

III. EXPERIMENTAL

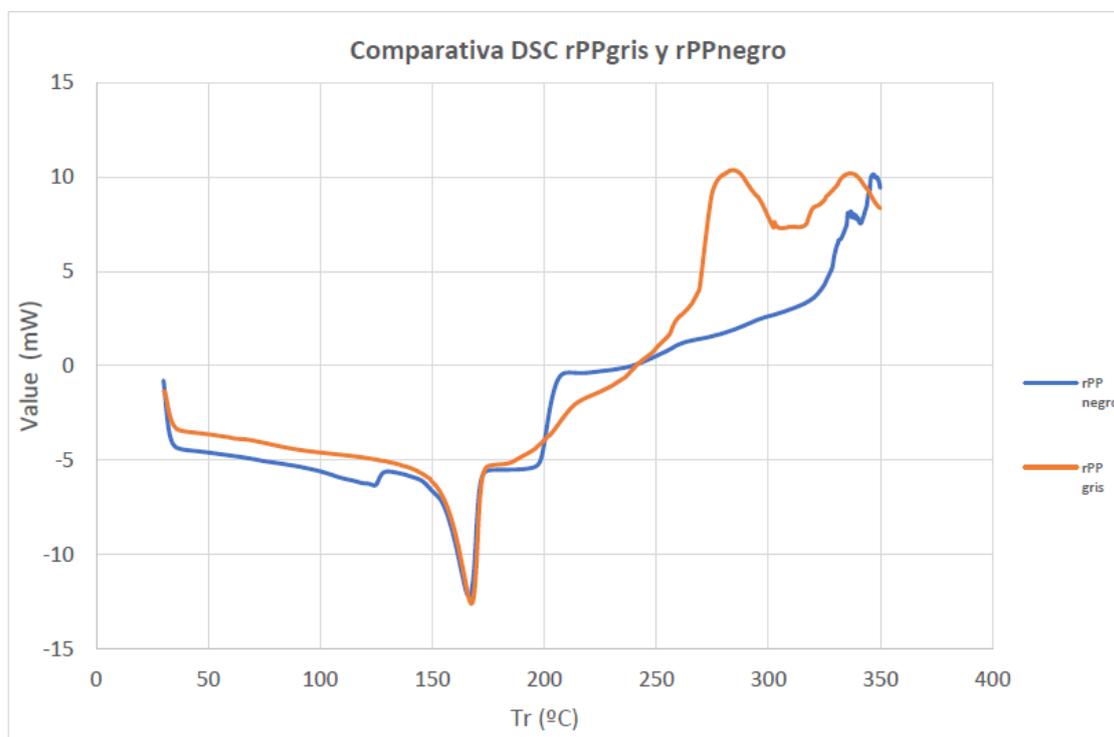


Ilustración 58: Comparativa de los DSC de los polipropilenos reciclados gris y negro

En la gráfica anterior se muestra una comparativa del análisis DSC de ambos materiales reciclados, siendo la línea naranja el rPP gris y la línea azul el rPP negro. El resultado del ensayo muestra la evolución del material y su comportamiento conforme va aumentando la temperatura.

Como puntos relevantes encontramos que el material comienza a reblandecerse, es decir que alcanza el punto de transición vítrea alrededor de los 40 °C. Seguidamente alrededor de los 160-165 °C se encuentra el pico de fusión del material y a partir de ahí en adelante el material comienza a degradar. En el caso de rPP gris (naranja) lo hace de una forma más lineal hasta que alcanza temperaturas de 270-300 °C, mientras que el rPP negro genera un pequeño escalón sobre los 200°C posiblemente provocado por las impurezas que contiene. Al comprobar las temperaturas a las que empieza a degradar, se corrobora la hipótesis de que el estado de mayor fluidez del material en los ensayos MFI a 230 °C y 250 °C eran debidos a una degradación de la materia analizada.

III. EXPERIMENTAL

ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO (TGA) DE LOS MATERIALES RECICLADOS

El ensayo termogravimétrico donde se analiza la estabilidad térmica de los materiales reciclados a altas temperaturas se ha realizado mediante una termobalanza de LINSEIS modelo TGA PT 1000. Seguidamente se muestran las características del equipo empleado:

Tabla 40: Características técnicas del equipo LINSEIS TGA PT 1000

Propiedades	Valor
Diseño	Carga superior
Rango de temperatura	(10 °C) RT hasta 1100 °C
Tasas de calentamiento y enfriamiento	0,001 bis 250 °C/min
Masa de muestra	Max 25 g
Resolución	0,1 µg
Ambiente de gas	Inerte, oxid., Rojo., Vacum
Vacío	Hasta 10E ⁻² mbar
Dosificación de gas	Bloque MFC incorporado con 3 gases (un gas de purga y dos gases reactivos)
Velocidad de enfriamiento	< 12 min (1100 °C - 100 °C)
Crisol	Pt, Al ₂ O ₃ , Au, Al, Ag, etc. (otros a petición)
Acoplamiento EGA	Opcional FTI y / o MS o GC-MS

Por lo que refiere al crisol porta-muestras, se ha empleado uno de óxido de aluminio de 70 µl. Seguidamente en la tabla 41 se muestran las condiciones de ensayo empleadas:

Tabla 41: Condiciones de ensayo utilizadas en la Caracterización Termogravimétrica (TGA)

Propiedades	Valor
Cantidad de material	10-15 mg
Tipo de atmósfera	Nitrógeno
Rampa de temperatura	30 a 700 °C
Velocidad de calentamiento	20 °C min ⁻¹

III. EXPERIMENTAL

Empleando el ensayo TGA se ha obtenido una curva donde se muestra la velocidad de descomposición de la masa del polímero en función de la temperatura a la que se realiza el ensayo.

Estas gráficas tienen diversas zonas según aumenta la temperatura del ensayo:

Z1 ($T < 150^{\circ}\text{C}$): En esta franja se pierden componentes como el agua, disolventes orgánicos de bajo peso molecular o desorción de gases.

Z2 ($150^{\circ}\text{C} < T < 250^{\circ}\text{C}$): En este rango se pierden componentes de bajo peso molecular como los aditivos, agua de cristalización, plastificación, o primeros productos de descomposición

Z3 ($250^{\circ}\text{C} < T < 500^{\circ}\text{C}$): Se tendrá inicio de degradación térmica en caso de emplear un gas inerte en el ensayo o una descomposición termo-oxidativa en caso de emplear oxígeno.

Z4 ($T > 500^{\circ}\text{C}$): Se produce una carbonización de los compuestos hidrocarbonados cuya pirólisis no supone la formación de volátiles.
(Universidad Politécnica de Valencia (UPV), 2014)

Se muestran los resultados de los ensayos termogravimétricos realizados sobre las dos materias recicladas:

Polipropileno reciclado de "big-bag" (Gris):

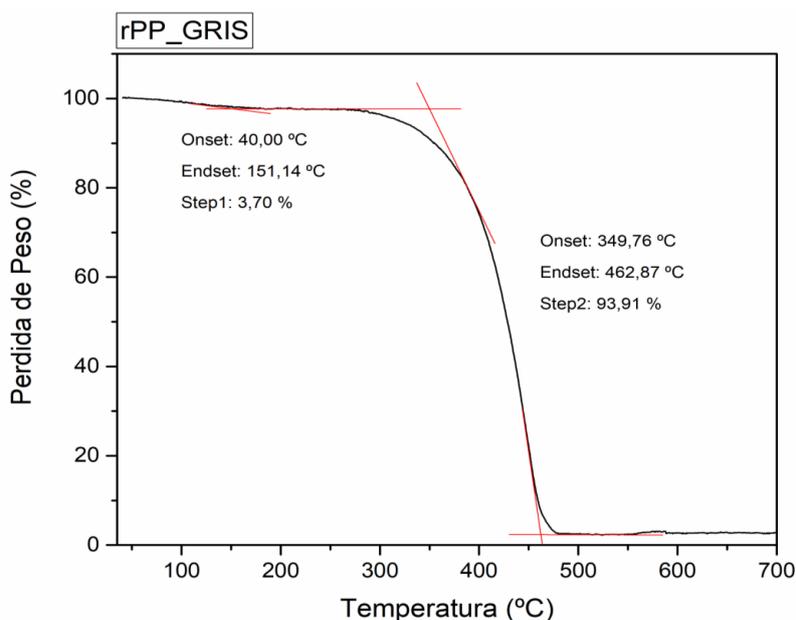


Ilustración 59: Resultados del análisis termogravimétrico del rPP gris

III. EXPERIMENTAL

Polipropileno reciclado de mantas térmicas:

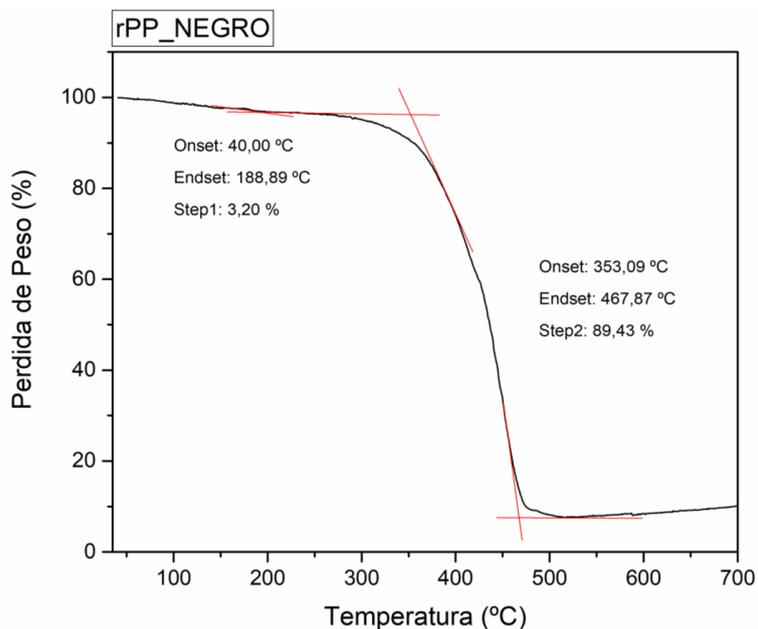


Ilustración 60: Resultados de la termogravimetría del rPP negro

Comparativa de los TGA realizados:

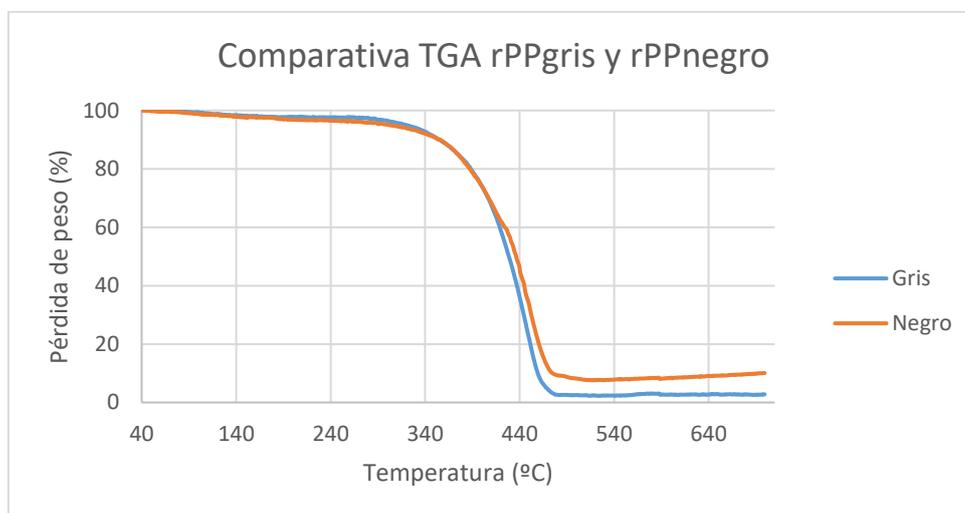


Ilustración 61: Gráfica comparativa de los resultados de los análisis termogravimétricos realizados a las materias recicladas

Tabla 42: Resultados de los análisis TGA de las materias recicladas

Material	Inicio de la degradación (°C)	Final de la degradación (°C)	Perdida de masa	Residuo a 600 °C
rPP gris	349,76	462,87	93,91 %	6,09 %
rPP negro	353,09	467,87	89,43 %	10,57%

III. EXPERIMENTAL

Se observa que el rPP gris cuenta con un primer “step” que comienza a los 40 °C y termina a los 151, 14 °C teniendo una pérdida de masa de un 3,7 %. Este rango de temperatura abarca a la zona 1 de las que se ha hablado anteriormente, por lo que el material empieza a perder agua disolventes orgánicos de bajo peso molecular o desorción de gases. El segundo “step” comienza a los 349,76 °C y finaliza a los 462,87 °C, teniendo una pérdida de masa que llega hasta el 93,91 %. Este rango de temperatura abarca las zonas 2 y 3 anteriormente comentadas, donde se produce la mayor parte de la descomposición del material, perdiendo componentes de bajo peso molecular como los aditivos, agua de cristalización, plastificación, o primeros productos de descomposición y donde se tienen inicios de degradación térmica. En este caso el polipropileno reciclado gris, contiene un 6,09 % de materia, que puede comprender sustancias como cenizas, óxidos metálicos o sales no oxidables.

En el caso del rPP negro, el “step 1” abarca un rango de temperaturas de 40 °C a 188,89 °C, donde el material pierde un 3,20 % de su masa y un “step 2” que comprende un rango térmico de 353,09 °C a 467,87 °C donde se llega a una pérdida de masa del 89,43%, lo que indica que el rPP negro contiene un 10,57 % de materia no pirolizable o residuos.

Tras esta comparativa se llega a la conclusión de que el contenido de sustancias no orgánicas del rPP gris (6,09 %) es muy inferior al del rPP negro (10,57 %) por lo que se observa que el rPP negro debido a su estancia durante un tiempo prolongado en el campo, ha adquirido un mayor número de residuos que el rPP gris, tal como se había planteado al observar los resultados de las caracterizaciones anteriores. Esta diferencia de 4,48 % puede suponer un empeoramiento notable del rPP negro respecto al gris ya que estas partículas residuales pueden colapsar los orificios del cabezal de hilatura y provocar que las pruebas no tengan un resultado adecuado llegando hasta el punto de tener que cancelarla. Esto depende de diversos factores y se aprecia realmente durante el procesado de los hilos multifilamento.

III. EXPERIMENTAL

3.4.3. HILATURA DE FIBRAS MULTIFILAMENTO

En este apartado donde se ha desarrollado el proceso de la hilatura multifilamento, se lleva a cabo un conjunto de ensayos donde se trabaja con materiales base y con las mezclas funcionalizadas en la fase de compounding. Se emplean tanto materiales biobasados como reciclados tal y como se ha indicado anteriormente en este trabajo. El objetivo es lograr un hilo con resistencia y capacidad de alargamiento suficiente como para poder continuar con el proceso de texturizado de fibras y de esta forma obtener unos prototipos de alfombras o moquetas adecuados y que cumplan con las expectativas. Tras estas pruebas, se han utilizado diversos de estos materiales para la realización de hilaturas empleando secciones especiales del cabezal, buscando una mayor resiliencia de los hilos obtenidos, así como una mejora en las propiedades generales de estos.

En cada uno de los ensayos realizados se indican los diferentes parámetros de procesado fundamentales en el desarrollo de cada una de las hilaturas. Estos parámetros destacados son las velocidades de recogida, estiraje y bobinado, las temperaturas de los godets y de las diferentes zonas de la extrusora entre otros.

A continuación, se pueden observar cada uno de estos ensayos realizados y sus respectivos parámetros de procesado.

Material base: PLA

Tabla 43: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de PLA

Spinneret								Filtración						
36 filaments Ø 0,50 mm (L/D: 2/1)								2+5 Capas						
Prueba	V _P	V _E	P _D	T _E	T _D	V _{TK}	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	W	Air (m/s)	Alt(m)	
PLA-1	27	40	45	230/230/235/235	268	2872	3077	3077	2955	2964	3070	0,4	1,3	
PLA-2	25	38	50	230/230/235/235	245	2822	3000	3000	2915	2910	3005	0,4	1,3	
PLA-3	25	38	50	230/230/235/235	245	2822	3000	3000	2915	2910	3005	0,4	1,3	

Material base: bioPE

Tabla 44: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de bioPE

Spinneret								Filtración						
36 filaments Ø 0,50 mm (L/D: 4/1)								2+5 Capas						
Prueba	V _P	V _E	P _D	T _E	T _D	V _{TK}	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	W	Air (m/s)	Alt(m)	
bioPE-1	15	25	20	200/205/205/210	210	347	461	544	655	641	655	0.7	2.25	
bioPE-2	20	35	23.6	200/205/205/210	210	347	461	544	655	641	655	0.7	2.25	

III. EXPERIMENTAL

Material base: PHA

Tabla 45: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de PHA

Spinneret								Filtración						
36 filamentos Ø 0,50 mm L/D: 4/1								2+5 Capas						
Prueba	V _P	V _E	P _D	T _E	T _D	V _{TK}	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	W	Air (m/s)	Alt(m)	
PHA-1	20	45	36	160/160/165/170	175	1800	1850	1950	2000	2005	2000	0.3	1.35	

Formulación Funcionalizada: rPPgris 80% + PP 17% + Maleico 3

Tabla 46: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPgris 80% + PP 17% + Maleico 3

Spinneret								Filtración						
72 filamentos Ø 0,5mm L/D: 4/1								4 TLS						
Prueba	V _P	V _E	P _D	T _E	T _D	V _{TK}	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	W	Air (m/s)	Alt(m)	
rPPg80-1	-	-	-	200-205-210-210	215	-	-	-	-	-	-	-	-	

Formulación Funcionalizada: rPPgris 60% + PP 37% + Maleico 3

Tabla 47: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPgris 60% + PP 37% + Maleico 3

Spinneret								Filtración						
72 filamentos Ø 0,5mm L/D: 4/1								4 TLS						
Prueba	V _P	V _E	P _D	T _E	T _D	V _{TK}	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	W	Air (m/s)	Alt(m)	
rPPg60-1	-	-	-	200-205-210-210	220	-	-	-	-	-	-	-	-	

Formulación Funcionalizada: rPPgris 40% + PP 57% + Maleico 3

Tabla 48: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPgris 40% + PP 57% + Maleico 3

Spinneret								Filtración						
36 filamentos Ø 0,5mm L/D: 4/1								4 TLS						
Prueba	V _P	V _E	P _D	T _E	T _D	V _{TK}	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	W	Air (m/s)	Alt(m)	
rPPg40-1	20	45	35	220-215-210-225	220	918	1012	1698	2472	2377	2389	0.7	1.8	

Formulación Funcionalizada: rPPgris 30% + PP 67% + Maleico 3

Tabla 49: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPgris 30% + PP 67% + Maleico 3

Spinneret								Filtración						
36 filamentos Ø 0,5mm L/D: 4/1								4 TLS						
Prueba	V _P	V _E	P _D	T _E	T _D	V _{TK}	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	W	Air (m/s)	Alt(m)	
rPPg30-1	25	49	16.4	220-225-230-230	220	979	969	1710	2451	2429	1360	0.3	1.65	
rPPg30-2	25	49	16.2	220-225-230-230	220	960	952	1695	2438	2409	1343	0.3	1.8	

III. EXPERIMENTAL

Formulación Funcionalizada: rPPgris 20% + PP 77% + Maleico 3

Tabla 50: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPgris 20% + PP 77% + Maleico 3

Spinneret								Filtración					
36 filamentos Ø 0,5mm L/D: 4/1								4 TLS					
Prueba	V _P	V _E	P _D	T _E	T _D	V _{TK}	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	W	Air (m/s)	Alt(m)
rPPg20-1	24	50	30	220-215-210-225	220	898	989	1685	2451	2366	2370	0.7	1.50
rPPg20-2	26	50	37	220-215-210-225	220	898	989	1585	2451	2366	2370	0.7	1.80
rPPg20-3	24	50	37	220-215-210-225	220	898	989	1585	2451	2366	2370	0.7	1.80

Formulación Funcionalizada: rPPnegro 80% + PP 17% + Maleico 3

Tabla 51: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPnegro 80% + PP 17% + Maleico 3

Spinneret								Filtración					
36 filamentos Ø 0,5mm L/D: 4/1								4 TLS					
Prueba	V _P	V _E	P _D	T _E	T _D	V _{TK}	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	W	Air (m/s)	Alt(m)
rPPn80-1	-	-	-	210-215-220-220	225	-	-	-	-	-	-	-	-

Formulación Funcionalizada: rPPnegro 60% + PP 37% + Maleico 3

Tabla 52: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPnegro 60% + PP 37% + Maleico 3

Spinneret								Filtración					
36 filamentos Ø 0,5mm L/D: 4/1								4 TLS					
Prueba	V _P	V _E	P _D	T _E	T _D	V _{TK}	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	W	Air (m/s)	Alt(m)
rPPn60-1	-	-	-	210-215-220-220	225	-	-	-	-	-	-	-	-

Formulación Funcionalizada: rPPnegro 40% + PP 57% + Maleico 3

Tabla 53: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPnegro 40% + PP 57% + Maleico 3

Spinneret								Filtración					
36 filamentos Ø 0,5mm L/D: 4/1								4 TLS					
Prueba	V _P	V _E	P _D	T _E	T _D	V _{TK}	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	W	Air (m/s)	Alt(m)
rPPn40-1	20	45	35	225-220-215-230	225	918	1012	1698	2472	2377	2389	0.7	1.8

Formulación Funcionalizada: rPPnegro 30% + PP 67% + Maleico 3

Tabla 54: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPnegro 30% + PP 67% + Maleico 3

Spinneret								Filtración					
36 filamentos Ø 0,5mm L/D: 4/1								4 TLS					
Prueba	V _P	V _E	P _D	T _E	T _D	V _{TK}	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	W	Air (m/s)	Alt(m)
rPPn30-1	20	38	31	220-215-210-225	215	915	1018	1607	2471	2385	2393	0.7	1.8
rPPn30-2	20	38	31	220-215-210-225	215	895	1009	1594	2462	2377	2384	0.7	1.8

III. EXPERIMENTAL

Formulación Funcionalizada: rPPnegro 20% + PP 77% + Maleico 3

Tabla 55: Parámetros de producción de los hilos multifilamento de rPPnegro 20% + PP 77% + Maleico 3

Spinneret								Filtración					
36 filamentos Ø 0,5mm L/D: 4/1								4 TLS					
Prueba	V _P	V _E	P _D	T _E	T _D	V _{TK}	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	W	Air (m/s)	Alt(m)
rPPn20-1	22	43	35	220-215-210-225	220	898	989	1585	2451	2366	2370	0.7	1.8
rPPn20-2	25	50	38	220-215-210-225	220	898	989	1585	2451	2366	2370	07	1.8
rPPn20-3	25	50	38	225-220-215-230	225	898	989	1585	2451	2366	2370	07	1.8

Tras la realización de las pruebas de hilatura multifilamento, se ha visto que las mezclas de polímero reciclado con cantidades de estos superiores al 40% no han podido ser hiladas debido a problemas durante el proceso, ya sean roturas o colmatado de los orificios del cabezal. Esto se debe en gran medida a las diversas impurezas que contienen las materias recicladas, que se van acumulando y finalmente impiden una hilatura satisfactoria. Otro motivo se debe a que las materia recicladas van perdiendo calidad conforme se realizan sobre ellas procesados extra, lo que deteriora el material.

A raíz de esto, se ha tomado la decisión de procesar muestras (como se ha explicado anteriormente en el punto 3.4.1) con un porcentaje menor de materia reciclada (30% y 20%) para de este modo obtener hilos con mayor resistencia y cuyo procesado provoque menos problemas debido a la acumulación de impurezas o falta de propiedades óptimas en el material.

III. EXPERIMENTAL

HILATURA CON SECCIONES ESPECIALES:

Siguiendo el mismo proceso de hilatura que se ha desarrollado en las pruebas anteriores, en este apartado únicamente se aplica una modificación en el spinneret del “spin pack”, donde se modifica la sección transversal de los orificios de salida del material, obteniendo éste diversas formas. Las secciones especiales que se han empleado en este proyecto han sido la sección trilobal y la sección en N. Mediante el uso de este tipo de sección se espera que el hilo obtenido modifique sus características y gane propiedades de resiliencia una vez hecha la alfombra.

Se adjuntan imágenes de las secciones especiales de los cabezales de hilatura donde se aprecian estas formas comentadas (N y Trilobal), así como de la microscopía electrónica de barrido (SEM) realizada sobre dos hilos producidos mediante estos cabezales con sección especial.

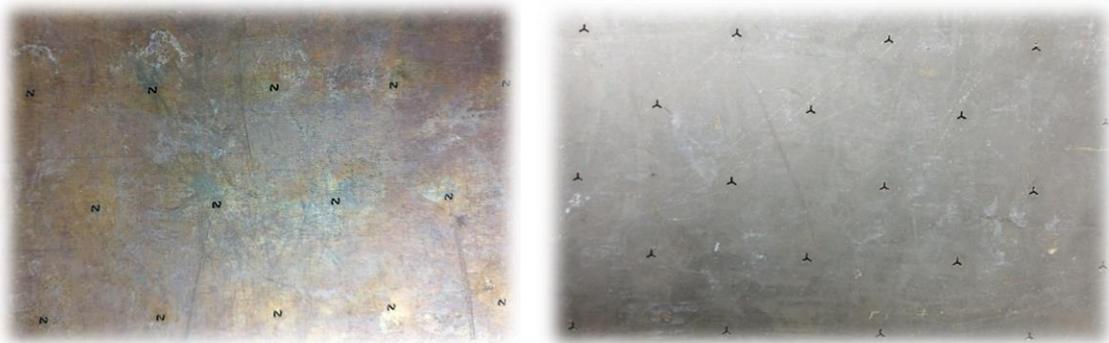


Ilustración 62: Izq.) Imagen del Spinneret del cabezal multifilamento con sección especial N. Der.) Imagen del spinneret del cabezal multifilamento con sección especial Trilobal

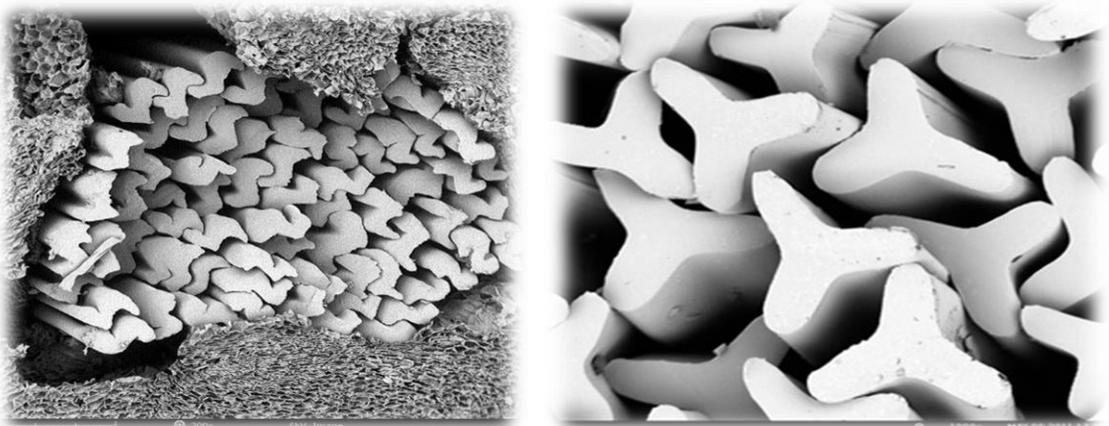


Ilustración 63: Izq.) Ejemplo de microscopía electrónica de barrido del hilo multifilamento con sección especial N. Der.) Ejemplo de microscopía electrónica de barrido del hilo multifilamento con sección especial trilobal

III. EXPERIMENTAL

Mezcla base: PLA Trilobal (dpf 3-6) y (dpf >6)

Tabla 56: Parámetros de producción de los hilos multifilamento con sección trilobal de PLA

Spinneret								Filtración					
Cabezal sección trilobal 36 filamentos								4 TLS					
Prueba	V _P	V _E	P _D	T _E	T _D	V _{TK}	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	W	Air (m/s)	Alt(m)
PLA Tri-1	25	37	48	230/230/235/235	245	2822	3000	3000	2915	2910	3005	-	1.3
PLA Tri-2	22	43	35	200-205-210-210	215	2822	3000	3000	2915	2910	3005	-	1.3
PLA Tri-3	17	36	28	200-205-210-210	215	2322	2500	2500	2615	2610	2727	-	1.3

Formulación Funcionalizada: rPPgris 20% + PP 76% + Maleico 3% Sección N y TRILOBAL

Tabla 57: Parámetros de producción de los hilos multifilamento con sección N de rPPgris 20% + PP 76% + Maleico 3%

Spinneret								Filtración					
Cabezal sección N 36filamentos Ø 0,5mm L/D: 4/1								4 TLS					
Prueba	V _P	V _E	P _D	T _E	T _D	V _{TK}	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	W	Air (m/s)	Alt(m)
rPPg20 N-1	15	49	4.3	220-225-230-230	230	989	979	1720	2461	2439	2370	0.3	1.65
rPPg20 N-2	15	49	4.3	220-225-230-230	230	980	1145	1720	2461	2439	2370	0.3	1.65
rPPg20 N-3	25	49	11	220-225-230-230	230	989	979	1720	2461	2439	2370	0.3	1.65

Tabla 58: Parámetros de producción de los hilos multifilamento con sección Trilobal de rPPgris 20% + PP 76% + Maleico 3%

Spinneret								Filtración					
Cabezal sección trilobal 36 filamentos								4 TLS					
Prueba	V _P	V _E	P _D	T _E	T _D	V _{TK}	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	W	Air (m/s)	Alt(m)
rPPg20 Tri-1	15	49	4.3	220-225-230-230	230	989	979	1720	2461	2439	2370	0.3	1.65
rPPg20 Tri 1	15	49	4.3	220-225-230-230	230	980	1145	1720	2461	2439	2370	0.3	1.65
rPPg20 Tri -1	25	49	11	220-225-230-230	230	989	979	1720	2461	2439	2370	0.3	1.65

Formulación Funcionalizada: rPPnegro 20% + PP 76% + Maleico 3% Sección N y TRILOBAL

Tabla 59: Parámetros de producción de los hilos multifilamento con sección N de rPPnegro 20% + PP 76% + Maleico 3%

Spinneret								Filtración					
Cabezal sección N 36filamentos								4 TLS					
Prueba	V _P	V _E	P _D	T _E	T _D	V _{TK}	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	W	Air (m/s)	Alt(m)
rPPn20 N-1	20	38	31	220-215-210-225	215	895	1009	1594	2462	2377	2384	0.7	1.8

Tabla 60: Parámetros de producción de los hilos multifilamento con sección Trilobal de rPPnegro 20% + PP 76% + Maleico 3%

Spinneret								Filtración					
Cabezal sección trilobal 36 filamentos								4 TLS					
Prueba	V _P	V _E	P _D	T _E	T _D	V _{TK}	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	W	Air (m/s)	Alt(m)
rPPn20 Tri-1	20	38	31	220-215-210-225	215	895	1009	1594	2462	2377	2384	0.7	1.8
rPPn20 Tri-2	22	40	34	220-215-210-225	215	895	1009	1594	2462	2377	2384	0.7	1.8

III. EXPERIMENTAL

3.4.4. CARACTERIZACIÓN DE LOS HILOS MULTIFILAMENTO

Los ensayos de caracterización realizados sobre los hilos obtenidos en la planta multifilamento, se han realizado empleando un extensómetro y realizando tracciones sobre cada uno de los tipos de hilos. Mediante estas pruebas se han conseguido los datos de título, tenacidad y alargamiento de las fibras, para de esta forma poder decidir cuales tienen mejor comportamiento y son más adecuadas para enviar al proceso de texturizado. Los ensayos con el extensómetro han seguido unos parámetros controlados que se indican en la siguiente tabla:

Tabla 61: Parámetros del ensayo de tracción de los hilos multifilamento

Parámetro	Valor
Equipo empleado	Extensómetro (Instron-Monocolumna MOD-3343)
Tipo de mordaza	Tipo hilo
Cierre de las mordazas	Neumático
Capacidad de fuerza (kN)	1
Diámetro máximo de la muestra (mm)	3,2
Distancia de separación entre mordazas previa al arranque (mm)	125

En la siguiente tabla se indican cada uno de los resultados obtenidos en las diferentes caracterizaciones realizadas. Cabe mencionar que cada uno de los resultados mostrados, equivale a la realización de 10 muestras de hilo y la posterior realización de una “media” de estos datos para poder simplificar la exposición de estos valores y evitar una excesiva longitud de las tablas de resultados.

III. EXPERIMENTAL

Tabla 62: Resultados de las caracterizaciones de los hilos multifilamento mediante tracciones

Prueba	Título (dtex)	Tenacidad (g/den)	Alargamiento (%)
PLA-1	200 ±1	2,28 ±0,01	81,68
PLA-2	225 ±1	2,24 ±0,01	67,25
PLA-3	230 ±1	2,27 ±0,01	64,55
bioPE-1	371 ±1	0,81 ±0,01	105,22
bioPE-2	371 ±1	0,84 ±0,01	166,45
PHA-1	297 ±1	0,63 ±0,01	184,34
rPPg80-1	N/A	N/A	N/A
rPPg60-1	N/A	N/A	N/A
rPPg40-1	205 ±1	1,08 ±0,01	38,39
rPPg30-1	210 ±1	1,64 ±0,01	44,26
rPPg30-2	215 ±1	1,72 ±0,01	46,88
rPPg20-1	220 ±1	2,83 ±0,01	56,61
rPPg20-2	225 ±1	2,65 ±0,01	47,54
rPPg20-3	218 ±1	2,65 ±0,01	44,62
rPPn80-1	N/A	N/A	N/A
rPPn60-1	N/A	N/A	N/A
rPPn40-1	208 ±1	1,36 ±0,01	40,65
rPPn30-1	209 ±1	1,45 ±0,01	41,84
rPPn30-2	212 ±1	1,38 ±0,01	43,54
rPPn20-1	216 ±1	1,78 ±0,01	47,32
rPPn20-2	224 ±1	1,64 ±0,01	50,35
rPPn20-3	220 ±1	1,72 ±0,01	49,98
PLA Tri-1	160 ±1	2,36 ±0,01	45,45
PLA Tri-2	161 ±1	2,44 ±0,01	47,23
PLA Tri-3	163 ±1	2,47 ±0,01	48,83
rPPg20 N-1	135 ±1	2,84 ±0,01	44,62
rPPg20 N-2	135 ±1	2,74 ±0,01	41,32
rPPg20 N-3	214 ±1	2,81 ±0,01	47,37
rPPg20 Tri-1	213 ±1	2,72 ±0,01	43,67
rPPg20 Tri 1	220 ±1	2,41 ±0,01	47,34
rPPg20 Tri -1	224 ±1	2,33 ±0,01	41,31
rPPn20 N-1	214 ±1	2,83 ±0,01	41,66
rPPn20 Tri-1	214 ±1	2,76 ±0,01	43,06
rPPn20 Tri-2	209 ±1	2,81 ±0,01	38,08

Como ya se ha comentado anteriormente, el proyecto centra su atención en los hilos de polipropileno reciclado, a pesar de que se realicen pruebas con otras materias base. Es por este motivo por el que la atención se centra en el análisis de estas materias.

Las formulaciones con cantidades de materia reciclada mayores al 40% no han podido ser hiladas, es por este motivo por el que no se han podido realizar las

III. EXPERIMENTAL

caracterizaciones. También se aprecia que las características mejoran con la reducción de la cantidad de reciclado de las formulaciones, tal como se explica a continuación.

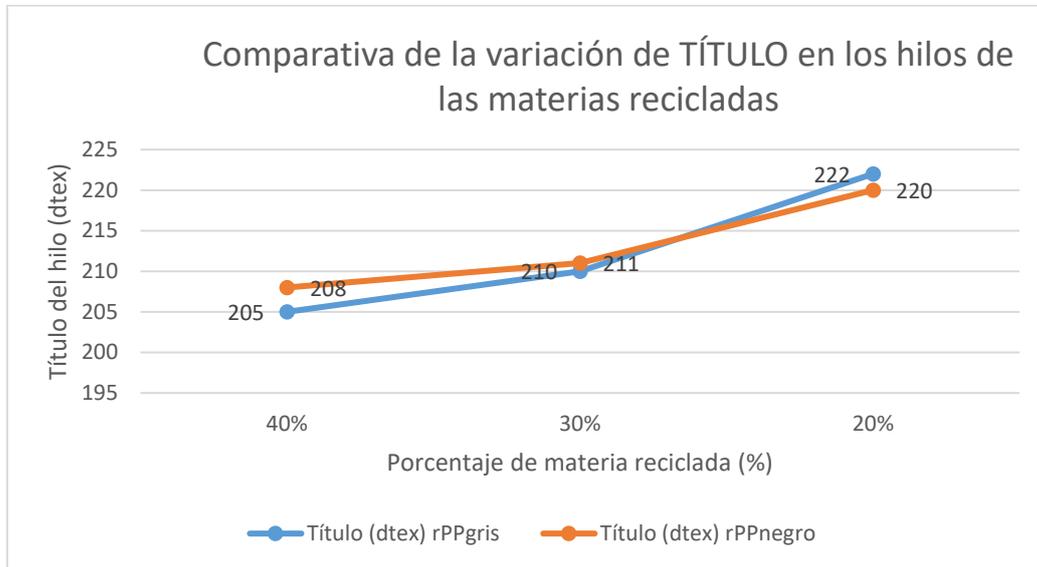


Ilustración 64: Grafica de la comparativa de la variación de título de las materias recicladas

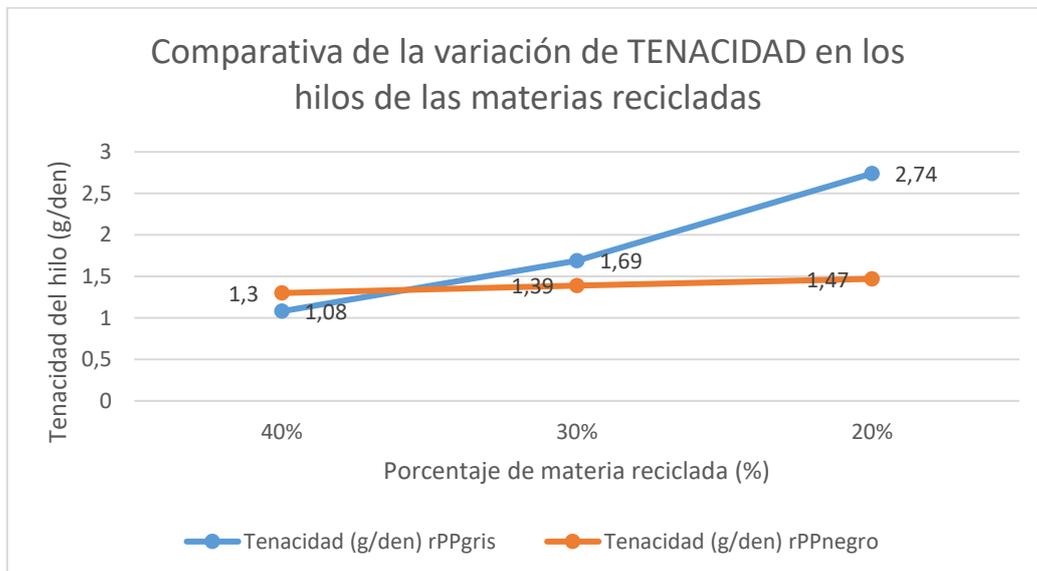


Ilustración 65: Grafica de la comparativa de la variación de tenacidad de las materias recicladas

En estas comparativas se muestra que no se han obtenido valores en los porcentajes de 80% y 60% de ambas materias ya que no ha sido posible realizar una adecuada hilatura multifilamento de las formulaciones. En cuanto a las propiedades obtenidas de los hilos que si ha sido posible ensayar cabe destacar que en lo que respecta al título de los hilos, ambas materias recicladas obtienen valores muy parejos ya que es un valor que se busca

III. EXPERIMENTAL

ajustando los parámetros de hilado. Es en el apartado de tenacidad donde el polipropileno reciclado gris obtiene mejores resultados, conforme se reduce el porcentaje de materia reciclada respecto al polipropileno reciclado negro. Esto puede ser debido a que, aunque ambos polímeros cuentan con residuos en su composición reciclada, la cantidad de impurezas que contiene el rPP negro es mucho superior como ya se ha visto en el análisis TGA. Esta tenacidad inferior puede ser resultado de este exceso de impurezas, ya que provocan fragilidad en los hilos obtenidos en la hilatura, así como el deterioro producido por los reprocesados que se ha hecho sobre el material.

Si se ha entrado a valorar la diferencia existente entre el uso de sección normal o secciones especiales en la hilatura, observando los resultados obtenidos, no se puede afirmar que provoque una mejoría notable, ya que los valores son muy parejos en todos los casos, cierto es que con el uso del cabezal de sección "N" se obtienen valores ligeramente más elevados, pero no se puede dar como relevante ya que no distan casi del resto, tal como se observa en la Ilustración 65.

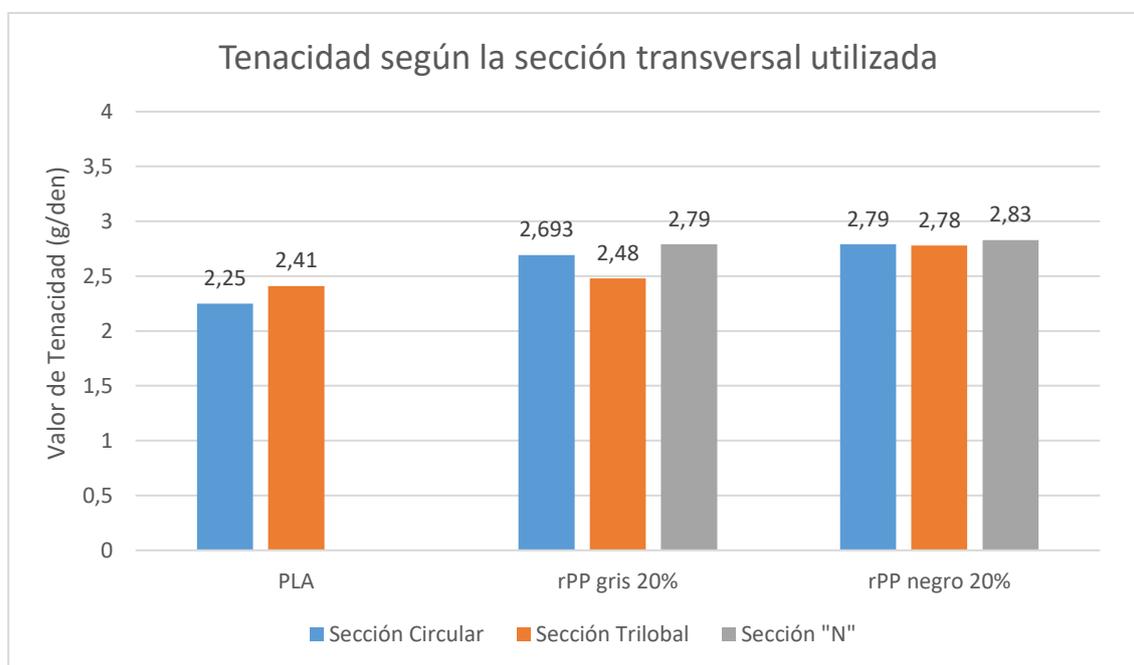


Ilustración 66: Gráfica de los resultados comparativos de las tenacidades de los hilos basándose en el cabezal de hilatura empleado

III. EXPERIMENTAL

3.4.5. TEXTURIZADO DE LOS HILOS

En este apartado de texturizado de las fibras se ha pretendido que los hilos obtenidos en la fase de hilatura adquieran propiedades mejoradas tanto mecánicas como de aspecto y tacto. Para ello, se le ha aplicado un estiraje extra al hilo, haciendo que este pase de ser un hilo de tipo POY a uno más similar a un FDY, lo que provocará unos valores de tenacidad superiores y un alargamiento de las fibras con menor porcentaje. Estos procesos eliminan el brillo del hilo y les confieren un aspecto mucho más similar a los hilos convencionales, eliminando el aspecto plástico que estos tienen al salir de la planta de hilatura multifilamento. Este texturizado se ha realizado empleando dos métodos, el texturizado por aire TASLAN y el BCF.

TEXTURIZADO POR AIRE TASLAN

El texturizado por aire TASLAN se ha empleado para poder realizar pruebas a los hilos obtenidos, con el objetivo de conseguir resultados similares a los logrados con el proceso BCF. Esto se ha tenido que realizar debido a que la máquina de BCF adquirida por AITEX ha llegado a las instalaciones a mitad de la anualidad y con este proceso se podía ir estudiando el comportamiento de los hilos trabajados para posteriormente trasladar los conocimientos adquiridos a la planta de BCF. Seguidamente se muestra cada uno de estos ensayos realizados empleando esta técnica.

Texturizado de los hilos de: PLA

Tabla 63: *Parámetros de producción del texturizado TASLAN de los hilos de: PLA*

Parámetros Generales			
V. Marcha lenta:	80	After Stretchig:	1
V. Marcha rápida:	400	Horno:	-
Tensión hilo M.L:	1	Jet:	D42
Tensión hilo M.R:	2	Presión Jet:	10
Core		Efecto	
Estiraje:	1,5	Estiraje:	15
Sobrealimentación	25	Sobrealimentación	25
Godet (1.C):	90	Godet (1.E):	90
Godet (0.C):	80	Godet (0.E):	80
Fantasía			
-	-	-	-

III. EXPERIMENTAL

Texturizado de los hilos de: bioPE

Tabla 64: Parámetros de producción del texturizado TASLAN de los hilos de bioPE

Parámetros Generales			
V. Marcha lenta:	80	After Stretchig:	4
V. Marcha rápida:	400	Horno:	-
Tensión hilo M.L:	2	Jet:	D42
Tensión hilo M.R:	6	Presión Jet:	10
Core		Efecto	
Estiraje:	1,65	Estiraje:	-
Sobrealimentación	30	Sobrealimentación	-
Godet (1.C):	100	Godet (1.E):	-
Godet (0.C):	-	Godet (0.E):	-
Fantasía			
-	-	-	-

Texturizado de los hilos de PHA

Tabla 65: Parámetros de producción del texturizado TASLAN de los hilos de PHA

Parámetros Generales			
V. Marcha lenta:	80	After Stretchig:	
V. Marcha rápida:	400	Horno:	-
Tensión hilo M.L:	1	Jet:	D42
Tensión hilo M.R:	2	Presión Jet:	10
Core		Efecto	
Estiraje:	1,3	Estiraje:	1,3
Sobrealimentación	20	Sobrealimentación	20
Godet (1.C):	90	Godet (1.E):	90
Godet (0.C):	80	Godet (0.E):	80
Fantasía			
-	-	-	-

III. EXPERIMENTAL

Texturizado de los hilos de: 40% rPPgris + 56% PP 561-R + 3% Maleico + 1%

SlipAgent:

Tabla 66: Parámetros de producción del texturizado TASLAN de los hilos de 40% rPPgris + 56% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent:

Parámetros Generales			
V. Marcha lenta:	80	After Stretchig:	1
V. Marcha rápida:	500	Horno:	-
Tensión hilo M.L:	1,8	Jet:	D42
Tensión hilo M.R:	2.5	Presión Jet:	10
Core		Efecto	
Estiraje:	1,6	Estiraje:	1,5
Sobrealimentación	15	Sobrealimentación	15
Godet (1.C):	60	Godet (1.E):	60
Godet (0.C):	50	Godet (0.E):	50
Fantasía			
-	-	-	-

Texturizado de los hilos de: 30% rPPgris + 66% PP 561-R + 3% Maleico + 1%

SlipAgent:

Tabla 67: Tabla 58: Parámetros de producción del texturizado TASLAN de los hilos de 30% rPPgris + 66% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent:

Parámetros Generales			
V. Marcha lenta:	80	After Stretchig:	1.2
V. Marcha rápida:	500	Horno:	-
Tensión hilo M.L:	1.8	Jet:	D42
Tensión hilo M.R:	2,6	Presión Jet:	10
Core		Efecto	
Estiraje:	1,7	Estiraje:	1,7
Sobrealimentación	16	Sobrealimentación	15
Godet (1.C):	60	Godet (1.E):	60
Godet (0.C):	50	Godet (0.E):	50
Fantasía			
-	-	-	-

III. EXPERIMENTAL

Texturizado de los hilos de: 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1%

SlipAgent:

Tabla 68: Tabla 58: Parámetros de producción del texturizado de los hilos de 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent:

Parámetros Generales			
V. Marcha lenta:	80	After Stretchig:	1,2
V. Marcha rápida:	550	Horno:	-
Tensión hilo M.L:	1.8	Jet:	D42
Tensión hilo M.R:	2,6	Presión Jet:	10
Core		Efecto	
Estiraje:	1,7	Estiraje:	1,7
Sobrealimentación	16	Sobrealimentación	16
Godet (1.C):	60	Godet (1.E):	60
Godet (0.C):	50	Godet (0.E):	50
Fantasía			
-	-	-	-

Texturizado de los hilos de 40% rPPnegro + 56% PP 561-R + 3% Maleico + 1%

SlipAgent

Tabla 69: Parámetros de producción del texturizado TASLAN de los hilos de 40% rPPnegro + 56% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent

Parámetros Generales			
V. Marcha lenta:	80	After Stretchig:	1
V. Marcha rápida:	400	Horno:	-
Tensión hilo M.L:	1,7	Jet:	D42
Tensión hilo M.R:	2.4	Presión Jet:	10
Core		Efecto	
Estiraje:	1,6	Estiraje:	1,6
Sobrealimentación	15	Sobrealimentación	25
Godet (1.C):	80	Godet (1.E):	80
Godet (0.C):	60	Godet (0.E):	60
Fantasía			
-	-	-	-

III. EXPERIMENTAL

Texturizado de los hilos de 30% rPPnegro + 66% PP 561-R + 3% Maleico + 1%

SlipAgent

Tabla 70: Parámetros de producción del texturizado TASLAN de los hilos de 30% rPPnegro + 66% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent

Parámetros Generales			
V. Marcha lenta:	80	After Stretchig:	1
V. Marcha rápida:	450	Horno:	-
Tensión hilo M.L:	1,7	Jet:	D42
Tensión hilo M.R:	2.5	Presión Jet:	10
Core		Efecto	
Estiraje:	1,6	Estiraje:	1,6
Sobrealimentación	17	Sobrealimentación	25
Godet (1.C):	80	Godet (1.E):	80
Godet (0.C):	60	Godet (0.E):	60
Fantasía			
-	-	-	-

Texturizado de los hilos de 20% rPPnegro + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1%

SlipAgent

Tabla 71: Parámetros de producción del texturizado TASLAN de los hilos de 20% rPPnegro + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent.

Parámetros Generales			
V. Marcha lenta:	80	After Stretchig:	1
V. Marcha rápida:	500	Horno:	-
Tensión hilo M.L:	1.7	Jet:	D42
Tensión hilo M.R:	2,5	Presión Jet:	10
Core		Efecto	
Estiraje:	1,6	Estiraje:	1,6
Sobrealimentación	17	Sobrealimentación	25
Godet (1.C):	80	Godet (1.E):	80
Godet (0.C):	60	Godet (0.E):	60
Fantasía			
-	-	-	-

III. EXPERIMENTAL

TEXTURIZADO BULK CONTINUOUS FILAMENT (BCF)

Una vez la planta de BCF ha llegado a las instalaciones de AITEX, se ha podido comenzar con los trabajos de texturizado BCF basándose en los conocimientos adquiridos en la planta de texturizado TASLAN. Visto el comportamiento de los hilos y los resultados obtenidos, se ha decidido emplear las mezclas con un 20% de materia reciclada para la realización de ensayos en la planta experimental de BCF. A continuación, se muestran los ensayos realizados a los hilos.

Texturizado de los hilos de 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent

Tabla 72: Parámetros de producción del texturizado BCF de los hilos de 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent

PRUEBA	rPPg20-1	rPPg20-2	rPPg20-3	rPPg20-4	rPPg20-5
Título del hilo inicial	1750	1750	1750	1750	1750
Tipo de jet	Estándar	Estándar	Estándar	Estándar	Estándar
Temperatura aire (°C)	80	100	100	90	95
Presión del aire (bar)	6	6	5	5	6
Rodillo de enfriamiento (°C)	14	14	14	14	14
Tangle (bar)	3	3	3	3	3

Texturizado de hilos de 20% rPPnegro + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1%

SlipAgent

Tabla 73: Parámetros de producción del texturizado BCF de los hilos de 20% rPPnegros + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent

PRUEBA	rPPn20-1	rPPn20-2	rPPn20-3	rPPn20-4	rPPn20-5
Título del hilo inicial	1500	1500	1500	1500	1500
Tipo de jet	Estándar	Estándar	Estándar	Estándar	Estándar
Temperatura aire (°C)	100	100	110	120	120
Presión del aire (bar)	6	6	5	5	6
Rodillo de enfriamiento (°C)	14	14	14	14	14
Tangle (bar)	3	3	3	3	3

III. EXPERIMENTAL

3.4.6. CARACTERIZACIÓN DE LOS HILOS TEXTURIZADOS

Al igual que en el caso de los hilos multifilamento obtenidos, los ensayos de caracterización realizados a los hilos texturizados se han llevado a cabo mediante el extensómetro y realizando tracciones para de esta forma obtener los valores de tenacidad y alargamiento.

CARACTERIZACIÓN DE LOS HILOS TEXTURIZADOS POR AIRE TASLAN

Tabla 74: Resultados de las caracterizaciones de los hilos texturizados por TASLAN mediante tracciones

Prueba	Título (dtex)	Tenacidad (g/den)	Alargamiento (%)
PLA-1	450 ±1	2,451 ±0,005	39,95
bioPE-1	789 ±1	1,412 ±0,005	55,95
PHA-1	643 ± 1	0,883 ±0005	57,89
rPPg40-1	541 ±1	1,994 ±0,005	37,86
rPPg30-1	535 ± 1	2,075 ±0,005	31,75
rPPg20-1	542 ±1	2,983 ±0,005	28,22
rPPn40-1	521 ±1	1,874 ±0,005	30,75
rPPn30-1	534 ±1	2,069 ±0,005	26,55
rPPn20-1	492 ±1	2,155 ±0,005	24,42

CARACTERIZACIÓN DE LOS HILOS TEXTURIZADOS POR BCF

Tabla 75: Resultados de las caracterizaciones de los hilos texturizados por BCF mediante tracciones

Prueba	Título (dtex)	Tenacidad (g/den)	Alargamiento (%)
rPPg20-1	1680 ±1	2,843 ±0,005	31,2
rPPg20-2	1674 ±1	2,751 ±0,005	30,5
rPPg20-3	1683 ±1	2,716 ±0,005	30,7
rPPg20-4	1710 ±1	2,843 ±0,005	31,2
rPPg20-5	1695 ±1	2,793 ±0,005	30,2
rPPn20-1	1485 ±1	2,843 ±0,005	28,4
rPPn20-2	1492 ±1	2,860 ±0,005	27,7
rPPn20-3	1475 ±1	2,849 ±0,005	28,3
rPPn20-4	1477 ±1	2,852 ±0,005	28,1
rPPn20-5	1489 ±1	2,848 ±0,005	27,3

III. EXPERIMENTAL

3.4.7. FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS

En el desarrollo de prototipos, estos han sido realizados con las clases de hilo que mejores resultados han dado en el proyecto. Estos han sido las formulaciones con un 20% de reciclado. La decisión tiene sentido ya que cuanto menor materia reciclada tiene la formulación, menos impurezas y menos desgaste de las materias debido al reprocesado tienen. Se han probado diversas formas, espesores, longitudes y apariencia del pelo de las muestras para poder observar los diferentes acabados que se obtienen empleando la tecnología tufting. Seguidamente se muestra cada una de las muestras realizadas y sus propiedades de producción, así como un esquema de cómo se realizan las pasadas con el robot de tufting para producirlas.

FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS DE TUFTING

Mediante la tecnología tufting se obtienen prototipos de alfombras y moquetas con diferentes características. Se pueden ajustar parámetros tales como la dirección de las pasadas, el distanciamiento entre ellas, la forma y dimensión de las muestras, la densidad del tejido fabricado... Estos parámetros se muestran en cada una de las tablas que se adjuntan a continuación, donde se indican las características de los prototipos realizados.

Tabla 76: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 1: 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent

Muestra 1: 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent		
Forma	Cuadrada	Esquema 
Dirección de la pasada	Diagonal	
Tamaño (mm)	200x200	
Longitud (mm)	14	
Densidad	320	
Separación Pasadas (mm)	2	
Loop	NO	
Título (dtex)	1695	

III. EXPERIMENTAL

Tabla 77: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 2: 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent

Muestra 2: 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent		
Forma	Cuadrada	
Dirección de la pasada	Horizontal	
Tamaño (mm)	200x200	
Longitud (mm)	14	
Densidad	320	
Separación Pasadas (mm)	2	
Loop	NO	
Título (dtex)	1710	

Tabla 78: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 3: 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent

Muestra 3: 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent		
Forma	Circular	
Dirección de la pasada	Horizontal	
Tamaño (mm)	300	
Longitud (mm)	14	
Densidad	400	
Separación Pasadas (mm)	2	
Loop	NO	
Título (dtex)	1695	

Tabla 79: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 4: 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent

Muestra 4: 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent		
Forma	Rectangular	
Dirección de la pasada	Vertical	
Tamaño (mm)	100x300	
Longitud (mm)	14	
Densidad	350	
Separación Pasadas (mm)	2	
Loop	NO	
Título (dtex)	1683	

III. EXPERIMENTAL

Tabla 80: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 5: 20% rPPgris + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent

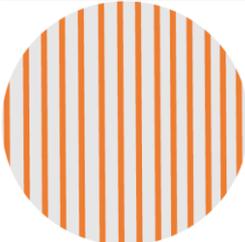
Muestra 5: 20% rPPgris + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent		
Forma	Circular	Esquema
Dirección de la pasada	Vertical	
Tamaño (mm)	300	
Longitud (mm)	14	
Densidad	350	
Separación Pasadas (mm)	2	
Loop	SI	
Título (dtex)	1695	

Tabla 81: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 6: 20% rPPgris + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent

Muestra 6: 20% rPPgris + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent		
Forma	Circular	Esquema
Dirección de la pasada	Vertical	
Tamaño (mm)	300	
Longitud (mm)	12	
Densidad	350	
Separación Pasadas (mm)	2	
Loop	SI	
Título (dtex)	1710	

Tabla 82: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 7: 20% rPPgris + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent

Muestra 7: 20% rPPgris + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent		
Forma	Rectangular	Esquema
Dirección de la pasada	Vertical	
Tamaño (mm)	100x300	
Longitud (mm)	14	
Densidad	400	
Separación Pasadas (mm)	2	
Loop	NO	
Título (dtex)	1683	

III. EXPERIMENTAL

Tabla 83: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 8: 20% rPPgris + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent

Muestra 8: 20% rPPgris + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip		
Forma	Cuadrada	Esquema
Dirección de la pasada	Diagonal	
Tamaño (mm)	400x400	
Longitud (mm)	12	
Densidad	250	
Separación Pasadas (mm)	1	
Loop	NO	
Titulo (dtex)	1695	

Tabla 84: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 9: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent

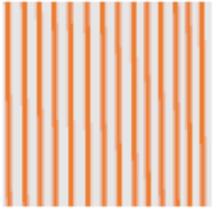
Muestra 9: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent		
Forma	Cuadrada	Esquema
Dirección de la pasada	Vertical	
Tamaño (mm)	400x400	
Longitud (mm)	12	
Densidad	400	
Separación Pasadas (mm)	2	
Loop	NO	
Titulo (dtex)	1477	

Tabla 85: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 10: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent

Muestra 10: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent		
Forma	Cuadrada	Esquema
Dirección de la pasada	Horizontal	
Tamaño (mm)	400x400	
Longitud (mm)	12	
Densidad	300	
Separación Pasadas (mm)	1.5	
Loop	NO	
Titulo (dtex)	1477	

III. EXPERIMENTAL

Tabla 86: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 11: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent

Muestra 11: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip + Lino		
Forma	Circular	Esquema
Dirección de la pasada	Vertical	
Tamaño (mm)	200	
Longitud (mm)	12	
Densidad	350	
Separación Pasadas (mm)	1.5	
Loop	SI	
Título (dtex)	1492	

Tabla 87: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 12: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent

Muestra 12: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip + Lana		
Forma	Cuadrada	Esquema
Dirección de la pasada	Horizontal	
Tamaño (mm)	300	
Longitud (mm)	12	
Densidad	400	
Separación Pasadas (mm)	1.5	
Loop	SI	
Título (dtex)	1489	

Tabla 88: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 13: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent

Muestra 13: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip		
Forma	Rectangular	Esquema
Dirección de la pasada	Vertical	
Tamaño (mm)	200x400	
Longitud (mm)	14	
Densidad	350	
Separación Pasadas (mm)	2.5	
Loop	NO	
Título (dtex)	1492	

III. EXPERIMENTAL

Tabla 89: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 14: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent

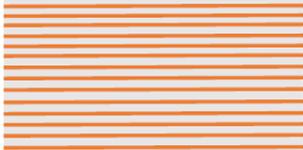
Muestra 14: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip		
Forma	Rectangular	
Dirección de la pasada	Horizontal	
Tamaño (mm)	400x200	
Longitud (mm)	24	
Densidad	300	
Separación Pasadas (mm)	2	
Loop	NO	
Titulo (dtex)	1489	

Tabla 90: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 15: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent

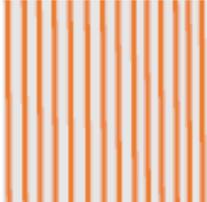
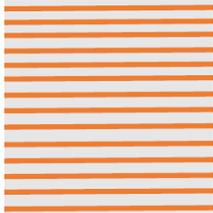
Muestra 15: 20% rPPnegro + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip		
Forma	Cuadrada	
Dirección de la pasada	Vertical	
Tamaño (mm)	400x400	
Longitud (mm)	12	
Densidad	400	
Separación Pasadas (mm)	2	
Loop	NO	
Titulo (dtex)	1477	

Tabla 91: Tabla de los parámetros de producción de la muestra 16: 20% rPPgris + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip Agent

Muestra 16: 20% rPPgris + 76%PP 561-R + 3% Maleico + 1% Slip		
Forma	Cuadrada	
Dirección de la pasada	Horizontal	
Tamaño (mm)	400x400	
Longitud (mm)	12	
Densidad	250	
Separación Pasadas (mm)	1.5	
Loop	NO	
Titulo (dtex)	1492	

III. EXPERIMENTAL

FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS DE CALADA

En este apartado se ha buscado la fabricación de tejidos de calada que puedan emplearse en diversos ámbitos, aunque la finalidad que se ha buscado principalmente es la de poder utilizarlos como backing de las alfombras. El backing es un tejido sobre el que se insertan los hilos voluminizados para que estos queden anclados y conformen la alfombra o la moqueta. Para poder realizar la tarea de fabricación de una alfombra, el backing ha de estar muy tensado para permitir que la aguja penetre por completo en el tejido, por lo que este debe tener una buena resistencia a la tracción para impedir roturas durante el proceso de producción de los productos. A continuación, se muestran las diversas pruebas realizadas.

Tabla 92: Parámetros de producción del tejido 1: Hilo bioPE

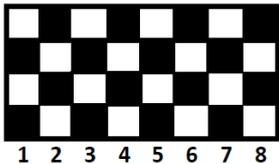
Tejido 1: Hilo bioPE		
Título hilo	370 dtex	Estructura: tafetán 
Densidad urdimbre	30 hilos/cm	
Densidad trama	30 pasadas/cm	
Cantidad hilos	1800 hilos	
Púa utilizada	9 a 4 hilos payeta	
Nº lizos	8	

Tabla 93: Parámetros de producción del tejido 2: Hilo bioPE

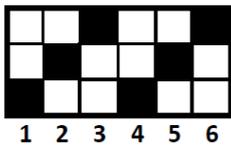
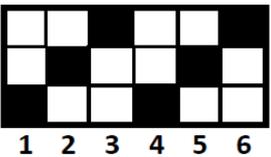
Tejido 2: Hilo bioPE		
Título hilo	350 dtex	Estructura: sarga 2e1 
Densidad urdimbre	20 hilos/cm	
Densidad trama	22/28 pasadas/cm	
Cantidad hilos	1000 hilos	
Púa utilizada	10 a 2 hilos payeta	
Nº lizos	6	

Tabla 94: Parámetros de producción del tejido 3: Hilo PLA

Tejido 3: Hilo PLA		
Título hilo	450 dtex	Estructura: sarga 2e1 
Densidad urdimbre	20 hilos/cm	
Densidad trama	20/26 pasadas/cm	
Cantidad hilos	1000 hilos	
Púa utilizada	10 a 2 hilos payeta	
Nº lizos	6	

III. EXPERIMENTAL

Tabla 95: Parámetros de producción del tejido 4: Hilo PLA Backing

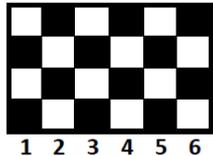
Tejido 4: Hilo PLA Backing		
Título hilo	450 dtex	Estructura: tafetán 
Densidad urdimbre	20 hilos/cm	
Densidad trama	20/30 pasadas/cm	
Cantidad hilos	1000 hilos	
Púa utilizada	10 a 2 hilos payeta	
Nº lizos	6	

Tabla 96: Parámetros de producción del tejido 5: Hilo PLA Backing

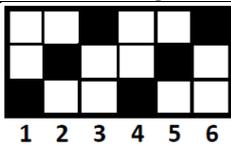
Tejido 5: Hilo PLA Backing		
Título hilo	450 dtex	Estructura: sarga 2e1 
Densidad urdimbre	20 hilos/cm	
Densidad trama	20/30 pasadas/cm	
Cantidad hilos	1000 hilos	
Púa utilizada	10 a 2 hilos payeta	
Nº lizos	6	

Tabla 97: Parámetros de producción del tejido 6: Hilo 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent

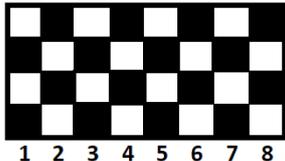
Tejido 6: Hilo 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent		
Título hilo	220 dtex	Estructura: tafetán 
Densidad urdimbre	40 hilos/cm	
Densidad trama	35 pasadas/cm	
Cantidad hilos	2000 hilos	
Púa utilizada	10 a 4 hilos payeta	
Nº lizos	8	

Tabla 98: Parámetros de producción del tejido 7: Hilo 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent

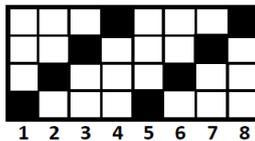
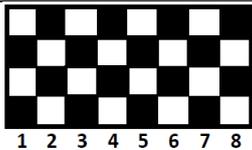
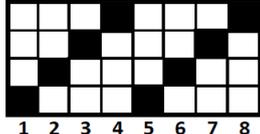
Tejido 7: Hilo 20% rPPgris + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent		
Título hilo	220 dtex	Estructura: sarga 3e1 
Densidad urdimbre	40 hilos/cm	
Densidad trama	35 pasadas/cm	
Cantidad hilos	2000 hilos	
Púa utilizada	10 a 4 hilos payeta	
Nº lizos	8	

Tabla 99: Parámetros de producción del tejido 8: Hilo 20% rPPnegro + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent

Tejido 8: Hilo 20% rPPnegro + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent		
Título hilo	220 dtex	Estructura: tafetán 
Densidad urdimbre	40 hilos/cm	
Densidad trama	35/38 pasadas/cm	
Cantidad hilos	2000 hilos	
Púa utilizada	10 a 4 hilos payeta	
Nº lizos	8	

III. EXPERIMENTAL

Tabla 100: Parámetros de producción del tejido 9: Hilo 20% rPPnegro + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent

Tejido 9: Hilo 20% rPPnegro + 76% PP 561-R + 3% Maleico + 1% SlipAgent		
Título hilo	220 dtex	Estructura: sarga 3e1
Densidad urdimbre	40 hilos/cm	
Densidad trama	35/38 pasadas/cm	
Cantidad hilos	2000 hilos	
Púa utilizada	10 a 4 hilos payeta	
Nº lizos	8	

3.4.8. CARACTERIZACIÓN DE LOS PROTOTIPOS

Las caracterizaciones de los prototipos se han realizado según la norma UNE o en su defecto según método propio. Para el ensayo de los tejidos de calada obtenidos para servir de backings se ha empleado la norma UNE-EN ISO 13934-1:2013: Textiles. Propiedades de los tejidos frente a la tracción. Parte 1: Determinación de la fuerza máxima y del alargamiento a la fuerza máxima por el método de la tira. (Española, 2013)

Por otra parte, para la caracterización de los prototipos en forma de alfombra se han tomado como base los siguientes ensayos: arranque de penacho (ISO 4919: 2012) y recuperación de la fibra (método propio). Norma ISO 4919:2012: Determinación de la fuerza de extracción de mechones: esta Norma Internacional especifica un método para determinar la fuerza de extracción del mechón y es aplicable a todas las alfombras con una estructura de hilo de pelo cortado o en bucle. (ISO, 2012)

CARACTERIZACIÓN DE LOS PROTOTIPOS DE TUFTING

Ensayo de determinación de la fuerza de los mechones “Arranque de penacho”

Para ensayos sobre alfombras se debe seleccionar el extremo de un mechón (la selección del mechón es más sencilla si se dobla la muestra) y sujete la mordaza. Se pone en marcha la máquina y se extrae el mechón con una dirección perpendicular a la superficie de la alfombra. Se debe comprobar que solo ha sido retirado un mechón y posteriormente anotar la fuerza máxima registrada. Se debe ignorar el resultado en caso de retirar más de un mechón o de no retirar este por completo.

III. EXPERIMENTAL

Para alfombras de pelo extremadamente fino donde hay problemas para la selección de mechones de forma aislada, debe realizarse una selección de la cantidad mínima de mechones que sea posible y tras el ensayo debe inspeccionarse la muestra ensayada para comprobar que se ha aislado la cantidad de mechones deseada. En el caso de alfombras de pelo largo se debe seleccionar un mechón y sujetarlo al enganche que va unido a la mordaza, se pone en marcha la máquina y esta desplaza el mechón de forma perpendicular a la superficie de la alfombra. Se debe verificar que la extracción ha sido correcta. En caso de que existan zonas de diversa densidad, diversas fibras o tipos de hilo, se deben ensayar por separado y se debe tener en cuenta que el mechón seleccionado, debe estar rodeado por otros de su mismo tipo,

Tabla 101: Resultados de las caracterizaciones por "arranque de penacho" de los prototipos de alfombras

Prueba	Máxima carga (N)	Deformación por tracción (mm/mm)
rPPg20 MEDIA (20 muestras)	5,719±0,005	0,032
rPPn20-MEDIA (20 muestras)	6,37±0,005	0,081

Ensayo de recuperación de la fibra a una carga estática

Para medir la recuperación de la fibra a la carga estática se ha empleado un método propio, ya que las dimensiones de algunas probetas no eran suficientemente grandes para ensayos normalizados.

Para la realización del ensayo de carga estática se ha tomado el prototipo y se coloca sobre una superficie lisa y horizontal, seguidamente se toman la altura del pelo en cinco puntos y se coloca la pesa de un kilogramo encima de este. El peso permanece durante cinco horas sobre la muestra, transcurrido este tiempo se retira el peso y se deja pasar un minuto antes de repetir la toma de las cinco medidas del pelo.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en las diversas pruebas siendo cada una de las filas el promedio de las 5 muestras realizadas a cada prototipo de alfombra. Esto se ha realizado para simplificar la muestra de los resultados

III. EXPERIMENTAL

Tabla 102: Resultados de las caracterizaciones por "recuperación de la fibra a una carga estática" de los prototipos de alfombras

Prueba	Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Deformación (%)
rPPg20-1	13,44±0,01	10,81±0,01	19,4
rPPg20-2	12,32±0,01	10,98±0,01	17,8
rPPg20-3	11,89±0,01	9,67±0,01	18,2
rPPg20-4	13,67±0,01	10,91±0,01	20,0
rPPg20 MEDIA	12,83±0,01	10,59	18,85
rPPn20-1	12,10±0,01	9,86±0,01	18,4
rPPn20-2	12,65±0,01	9,96±0,01	21,0
rPPn20-3	13,75±0,01	10,92±0,01	20,6
rPPn20-4	13,72±0,01	10,83±0,01	20,6
rPPn20-MEDIA	13,05±0,01	10,39±0,01	20,15

CARACTERIZACIÓN DE LOS TEJIDOS DE CALADA

Longitud de ensayo: Se ajusta la longitud de ensayo del aparato de tracción a 200 mm ± 1 mm para los tejidos en los que el alargamiento a la fuerza máxima no exceda del 75% o hasta 100 mm ± 1 mm para los tejidos en los que el alargamiento a la fuerza máxima sea superior al 75%.

Velocidad de extensión: Se ajusta la velocidad de extensión o de alargamiento del aparato de tracción en función del alargamiento a la fuerza máxima del tejido específico en la siguiente tabla.

Tabla 103: Datos de ajuste de la velocidad de extensión para el ensayo de tracción de los prototipos de calada

Longitud Ensayo (mm)	Alargamiento fuerza máxima (%)	Velocidad de alargamiento (%/mm)	Velocidad de extensión (mm/min)
200	< 8	10	20
200	8 a 75	50	100
100	>75	100	100

Colocación de las probetas: Las probetas pueden ser colocadas con una tensión previa o en estado relajado, es decir colgando libremente por su propio peso.

Pinzado con tensión previa: Se aplica la tensión previa especificada como se indica:

III. EXPERIMENTAL

-Para todos los tejidos con propiedades elásticas: 0,5 N.

-Para los tejidos sin propiedades elásticas, en función de su masa por unidad de superficie:

a) $\leq 200 \text{ g/m}^2$ 2 N.

b) > 200 a 500 g/m^2 5 N.

c) $> 500 \text{ g/m}^2$ 10 N.

Ensayo: Se fija una probeta en el centro del aparato de manera que su eje longitudinal pase por el centro de los bordes exteriores de las mordazas. Se pone en marcha el dispositivo de registro de la fuerza máxima y del alargamiento a la fuerza máxima. Se inicia el movimiento de la pinza móvil y se estira la probeta hasta el punto de rotura. Se anotan:

a) La fuerza máxima y si es necesario, la fuerza a la rotura en Newtons.

b) La extensión, en milímetros o el alargamiento en porcentaje a la fuerza máxima y si es necesario a la rotura.

Se registra la extensión o el alargamiento con una aproximación de hasta:

- 0,4 mm o 0,2% para alargamientos $< 8\%$.
- 1 mm o 0,5% para alargamientos entre 8 y 75%.
- 2 mm o 1% para alargamientos $> 75\%$.

Se efectúa el ensayo como mínimo sobre cinco probetas en cada dirección del tejido.

En la siguiente tabla se indican los resultados obtenidos, donde cada una de las filas de resultados equivale a la media de 5 muestras realizadas. Se reduce para evitar un excesivo número de tablas y para simplificar la visualización de los valores obtenidos.

III. EXPERIMENTAL

Tabla 104: Resultados de las caracterizaciones por "tracción" de los prototipos de tejidos de calada

Prueba	Máxima carga (N)	Deformación por tracción (mm/mm)
bioPE Tafetán	345,35±0,02	75,64±0,01
bioPE sarga 2e1	307,01±0,02	77,58±0,01
PLA sarga 2e1	390,81±0,02	51,98±0,01
PLA tafetán	413,76±0,02	60,37±0,01
PLA Backing sarga 2e1	313,28±0,02	57,49±0,01
rPPg20 Tafetan	305,64±0,02	45,31±0,01
rPPg20 sarga 3e1	274,74±0,02	65,27±0,01
rPPn20 Tafetan	381,76±0,02	40,81±0,01
rPPn20 sarga 3e1	268,29±0,02	63,99±0,01

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS OBTENIDOS

A lo largo de toda la realización del proyecto se han ido obteniendo resultados de cada uno de los bloques de procesado que han permitido conocer las características de las materias, los hilos y finalmente de los prototipos. Ha sido necesario realizar diversas pruebas para de esta forma, descartar aquellos ensayos que no alcanzaban los objetivos o estándares buscados y aprovechar aquellas pruebas que han permitido obtener unos resultados satisfactorios

Se pasa a analizar cada uno de los resultados obtenidos en los diversos apartados de producción técnica en las que se ha estructurado y dividido el proyecto BULKY, comenzando por la tarea de compunding, pasando por la hilatura por fusión multifilamento, así como los hilos texturizados tanto por TASLAN como BCF y finalmente los prototipos obtenidos.

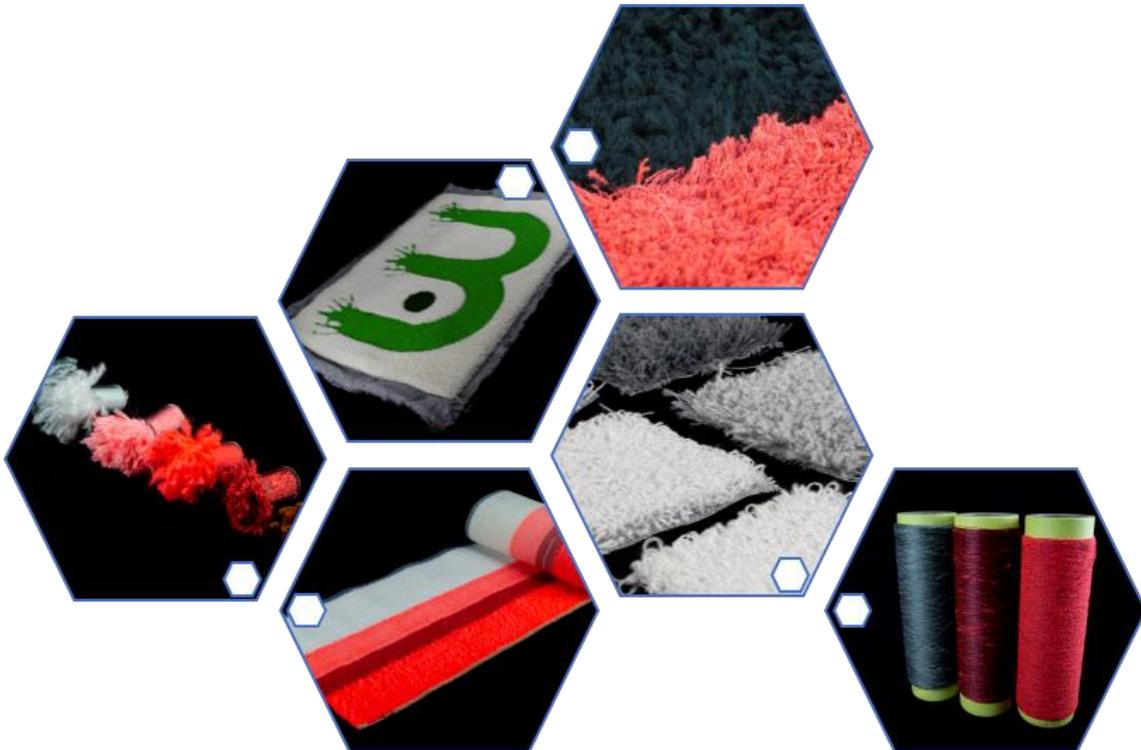


Ilustración 67: Conjunto de resultados obtenidos en el marco del proyecto BULKY

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1. RESULTADOS COMPOUNDING

Se han obtenido diferentes formulaciones empleando una combinación de polipropileno reciclado y virgen en diversos porcentajes (80%-20%/60%-40%/40%-60%/30%-70%/20%-80%), combinados con aditivos compatibilizantes para mejorar la unión entre ambas materias. Además, se han analizado las propiedades de estas mezclas para comprobar las características de cada una de ellas, así como de observar su comportamiento. Se ha observado que la materia reciclada proveniente de rafia de big-bag, contaba con una viscosidad menor que la de la materia proveniente de mantas térmicas del campo, por lo que las formulaciones de ambos materiales distaban bastante en los resultados obtenidos.



Ilustración 68: Granzas base de polipropileno virgen y reciclado empleadas en el proyecto

En la línea de las materias bio, finalmente solo se han realizado unas pequeñas pruebas, ya que el proyecto se ha centrado en las materias recicladas. A pesar de esto, materiales como el PLA han tenido resultados satisfactorios en lo que respecta a la producción de hilo para la realización de diversos tejidos. En el caso del bioPE y el PHA los resultados han sido algo peores, pero el conocimiento del procesado del material también era más desconocido, por lo que no se ha podido optimizar el proceso con la misma precisión. A pesar de esto, se abre un punto de interés para seguir incorporando esta familia de materiales en el futuro y poder realizar investigaciones más exhaustivas para poder aprovechar todo el rendimiento que estas materias pueden tener.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.2. RESULTADOS HILATURA

Se han obtenido hilos multifilamento en ambas líneas de desarrollo planteadas en un inicio (polímeros reciclados y polímeros bio), donde se destaca la hilatura de reciclados postconsumo de polipropilenos que provenían de rafia de big bags y de mantas térmicas, dos sectores donde los residuos de esta materia son muy elevados y disponen de dificultades para poder reaprovecharlos, ya que cuentan con una gran cantidad de impurezas debido a su utilización. En lo que respecta a la línea de polímeros bio, se han logrado hilar unas pequeñas muestras de PHA, bioPE y PLA entre otros que, aunque no cuentan con unas propiedades mecánicas perfectas, en este estudio suponen un ligero avance en esta clase de materiales que, aunque aún necesitan mucha investigación y trabajo, poco a poco van mejorando.

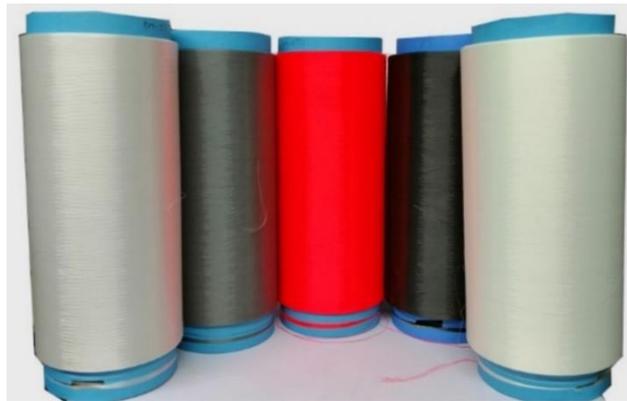


Ilustración 69: Hilos multifilamentos desarrollado durante el proyecto

Se ha observado que, al modificar los porcentajes de materia reciclada, las formulaciones ganaban propiedades cuanto menor era la cantidad de polímero reciclado en su composición, esto es debido a que el aumento de materia virgen hace que la materia se vuelva más estable. Esto como ya se ha comentado es debido en gran parte al deterioro sufrido por el reprocesado, juntamente con la cantidad de impurezas que tienen los reciclados. A pesar de esto se han conseguido hilos con propiedades de título, tenacidad y alargamiento adecuados para poder continuar el proceso productivo.

Por otro lado, se han obtenido hilos a partir de secciones especiales del cabezal de hilatura, lo que provoca una mejora en las fibras en lo que refiere a su resiliencia de estas, pero las propiedades de los hilos no varían prácticamente.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.3. RESULTADOS TEXTURIZADO

Con los hilos obtenidos mediante la tarea de hilatura se ha trabajado con dos clases de texturizados (TASLAN y BCF) para obtener hilos voluminizados con mejores propiedades y listos para la fabricación de alfombras. Se observa que los valores de tenacidad y alargamiento de los hilos mejoran tras realizar estos procesos, ya que las cadenas poliméricas son alineadas mediante el estiraje y esto confiere al hilo una mejor resistencia. En lo que refiere al aspecto, este es mejorado y se parece más al hilo obtenido mediante fibra cortada. Además, obtiene una suavidad de la que antes carecía, así como una eliminación del brillo plástico que tiene cuando sale d la hilatura.



Ilustración 70: Bobinas de hilos texturizados por aire TASLAN de rPP negro/gris combiandos entre sí y con hilo rojo



Ilustración 71: Pompones de muestra de hilos obtenidos a partir del texturizado BCF

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.4. RESULTADOS PROTOTIPOS

En este apartado del bloque de resultados, se han obtenido diversas muestras de prototipos de alfombras y moquetas empleando los mejores hilos obtenidos.

En estos prototipos, se ha visto que cuentan con una aceptable resistencia del hilo al arranque (Tabla 104), mientras que en lo que a la resiliencia del pelo se refiere, las propiedades han de mejorar ya que el pelo no llega a recuperar por completo su posición tras someterlo a una carga de compresión (Tabla 105).

Tabla 105: Propiedades finales de arranque de penacho de las muestras tufting realizadas

Prueba Arranque de Penacho	Máxima carga (N)	Deformación por tracción (mm/mm)
rPPg20	5,719±0,005	0,032±0,001
rPPn20	6,373±0,005	0,081±0,001

Tabla 106: Propiedades finales de recuperación de forma de las muestrastufting realizadas

Prueba Recuperación de forma	Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	Deformación (%)
rPPg20	12,83±0,01	10,59±0,01	18,85
rPPn20	13,05±0,01	10,39±0,01	20,15

En cuanto a los tejidos de calada se observa que, aunque las tensiones máximas se obtienen similares, los tejidos con estructura tafetán son ligeramente más resistentes que los producidos en sarga 2x1. En cuanto a la deformación, los polímeros bio, se deforman en mayor medida que los reciclados, dentro de los cuales el rPP negro deforma menos que el gris.

Tabla 107: Resultados finales de las tracciones realizadas a los prototipos de calada

Prueba	Máxima carga (N)	Deformación por tracción (mm/mm)
bioPE Tafetán	345,35±0,02	75,64±0,01
bioPE sarga 2e1	307,01±0,02	77,58±0,01
PLA sarga 2e1	390,81±0,02	51,98±0,01
PLA tafetán	413,76±0,02	60,37±0,01
PLA Backing sarga 2e1	313,28±0,02	57,49±0,01
rPPg20 Tafetan	305,64±0,02	45,31±0,01
rPPg20 sarga 3e1	274,74±0,02	65,27±0,01
rPPn20 Tafetan	381,76±0,02	40,81±0,01
rPPn20 sarga 3e1	268,29±0,02	63,99±0,01

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

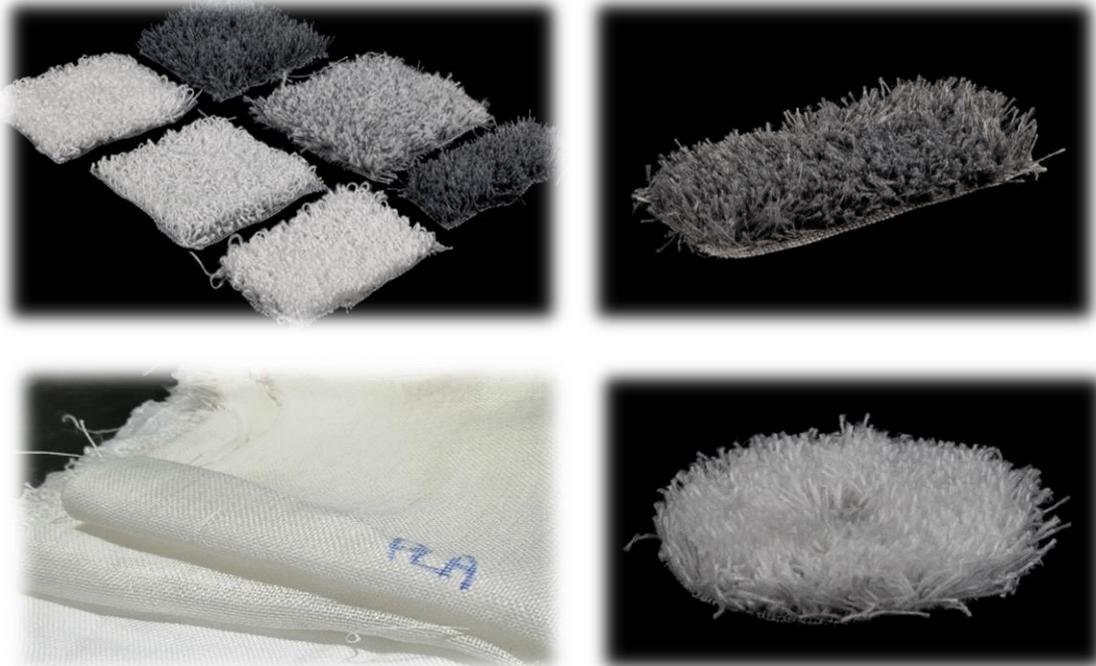


Ilustración 72: Superior Izq) Conjunto de prototipos de alfombras y moquetas realizadas con los hilos de rPP / Superior Der) Prototipo de alfombra rectangular realizada con rPP / Inferior Izq) Tejidos de calada realizados en el proyecto / Inferior der) Prototipo de alfombra circular.



Ilustración 73: Ejemplos más profesionales realizados en el marco del proyecto BULKY empleando materias fuera de las formulaciones mencionadas en el trabajo. Izq.) Alfombra completa con el logo del proyecto. Der.) Alfombra formada por cuatro conjuntos de hilos diferentes situados paralelamente.

5. DIFUSIÓN DEL PROYECTO

DIFUSIÓN DEL PROYECTO

V. DIFUSIÓN

5.1. ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN

Mediante la difusión se permite dar a conocer el proyecto BULKY y el estado de sus trabajos, así como el resultado de estos para que de esta manera lleguen a las empresas y que estas puedan favorecerse de estos conocimientos adquiridos para mejorar sus procesos productivos y en el caso de que fuera posible en algún caso, llegar a trabajar en los desarrollos del proyecto.

Se han realizado una gran cantidad de labores de difusión para que la información del proyecto llegue a la mayor cantidad de personas/empresas y que esta pueda influir positivamente en los intereses y beneficios de las empresas de la Comunidad Valenciana. A continuación, se nombran diversos tipos de difusión que se han realizado a lo largo del proyecto para cumplir esta función:

- Abstract inicial
- Posters
- Artículos en revistas del sector.
- Publicaciones en RRSS (Facebook, LinkedIn, Twitter...)
- Artículo en la propia revista de AITEX
- Banners en web sectoriales
- Dípticos
- Trípticos
- Asistencia a congresos
- Asistencia a ferias
- Abstract Final
- Informes de resultados

En las siguientes páginas se va a adjuntar un conjunto de estas difusiones realizadas a lo largo de la anualidad y que han servido para llegar al público y que diversas empresas se interesarán por los resultados obtenidos en el proyecto BULKY.



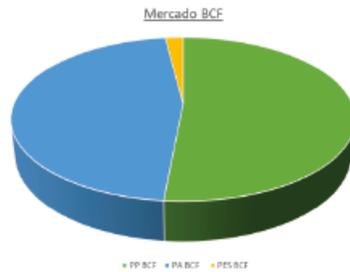
Ilustración 74: Imagen representativa de la difusión

V. DIFUSIÓN

MOTIVACIONES

Actualmente, la distribución del consumo mundial de las fibras sintéticas "Bulk continuous filament" (BCF) en la fabricación de alfombras está distribuida en un 52% fibras de polipropileno, 47% fibras de poliamida y un 1% fibras de poliéster.

Este tipo de fibras sintéticas, no son renovables y debido a que en los últimos años se ha cuestionado el uso de estas, tanto por la escasez y por el aumento en el coste del petróleo, como por las emisiones de dióxido de carbono (CO2) durante su producción, la gestión del residuo textil o el incremento de la concienciación ambiental entre otros motivos; se busca un desarrollo de fibras "eco-friendly", que sean más respetuosas con el medio ambiente para la tecnología BCF y posterior aplicación en las alfombras.



RESULTADOS ESPERADOS

Se espera conseguir filamentos respetuosos con el medio ambiente "Eco-friendly" con propiedades mecánicas mejoradas de brillo, resiliencia y suavidad, capaces de sustituir las fibras de PP, PA y acrílicas que se pueden encontrar dentro del mercado actual de BCF (Bulk continuous filament).

Además, se pretende desarrollar un conjunto de prototipos de consumo, como componentes para ejemplos como:

- Alfombras
- Tejidos para exterior
- Tejidos para automoción
- Filtración



"Proyecto cofinanciado por los fondos FEDER, dentro del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020"



Este proyecto cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana, a través del IVACE, y está cofinanciado por los fondos FEDER de la UE, dentro del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020

AITEX - Instituto Tecnológico Textil
 Plaza Emilio Sáez, 1 - 03801 Alcoy (Alicante)
 Tel: +34 965542200 Fax: +34 965543494
www.aitex.es



BULKY

BULK CONTINUOUS YARN.
 ENHANCED SYNTHETIC FIBRES
 FOR BCF TECHNOLOGY

Programme:
 GRANTS FOR VALENCIAN TECHNOLOGICAL
 CENTRES FOR R+D PROJECTS IN COLLABORATION
 WITH THE PRIVATE SECTOR

Schedule:
 January 2019 - December 2019

Case file:
 IMDEEA/2019/52



V. DIFUSIÓN



BULKY

BULK CONTINUOUS YARN.
MEJORA DE FIBRAS SINTÉTICAS PARA LA TECNOLOGÍA BCF

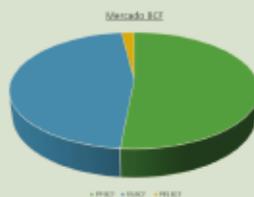
EXPEDIENTE IMDEEA/2019/52

Programa:
AYUDAS DIRIGIDAS A CENTROS TECNOLÓGICOS CV PARA PROYECTOS DE I+D EN COOPERACIÓN CON EMPRESAS

Periodo ejecución:
Enero 2019 - Diciembre 2019

MOTIVACIONES

Actualmente, la distribución del consumo mundial de las fibras sintéticas "Bulk continuous filament" (BCF) en la fabricación de alfombras está distribuida en un 52% fibras de polipropileno, 47% fibras de poliamida y un 1% fibras de poliéster.



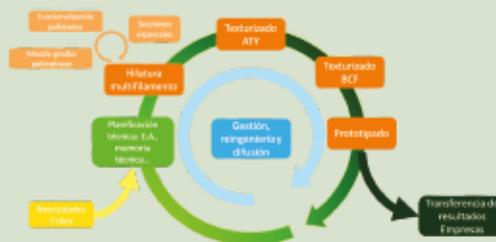
Este tipo de fibras sintéticas, no son renovables y debido a que en los últimos años se ha cuestionado el uso de estas, tanto por la escasez y por el aumento en el coste del petróleo, como por las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) durante su producción, la gestión del residuo textil o el incremento de la concienciación ambiental entre otros motivos; se busca un desarrollo de fibras "eco-friendly", que sean más respetuosas con el medio ambiente para la tecnología BCF y posterior aplicación en las alfombras.



OBJETIVOS

El objetivo general del proyecto es la mejora y optimización de las propiedades físicas: brillo, suavidad y resiliencia de los multifilamentos de polipropileno reciclado, poliamidas y poliéster de fuentes renovables "biobased" (PLA, PBT, PA1010, ...) para su utilización en la tecnología BCF en la fabricación de alfombras.

Para alcanzar el éxito del proyecto se ha previsto diferentes tareas como la hilatura por melt spinning, funcionalización de los polímeros, trabajos con las diferentes secciones de las fibras, mezcla de grados poliméricos, etc. Con los mejores multifilamentos que se obtengan en el proceso de hilatura, se realizará el texturizado por Taslan y BCF. Donde se ajustarán los diferentes parámetros de procesamiento de cada una de las tecnologías para obtener los mejores resultados y poder luego realizar prototipos con ellos.



Unión Europea
 Gobierno de España
 GENERALITAT VALENCIANA
 IMACE
 Este proyecto cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana, a través del IMACE, y está cofinanciado por los fondos FEDER de la UE, dentro del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020.

Investigación, desarrollo y mejora de fibras sintéticas para la tecnología Bulk Continuous Filament

Grupo de Investigación en Fibras Técnicas y Nanotecnología de AITEX

Antecedentes

BULKY es un proyecto anual que comenzó en enero de 2019, actualmente sigue en desarrollo y su finalización está programada para diciembre de 2019.

El consumo mundial de fibras "Bulk continuous filament" (BCF) que se emplea actualmente, se centra en el uso de fibras sintéticas de fuentes no renovables, las cuales están muy cuestionadas por el alto precio y la escasez del petróleo, las emisiones de CO₂, la gestión de los residuos textiles y la creciente concienciación medioambiental entre otros motivos.



Imagen 1. Alfombras de hilo BCF.

Por estos factores AITEX busca el desarrollo y mejora de fibras sintéticas respetuosas con el medioambiente y que ofrezcan características iguales a las de las fibras empleadas actualmente en la tecnología Bulk continuous filament para su aplicación en alfombras, tejidos outdoor o tapicerías de automoción.

Objetivos

El proyecto BULKY tiene como principal objetivo la obtención de fibras multifilamento texturizadas por BCF consideradas "eco-friendly", capaces de sustituir a las fibras sintéticas de fuentes no renovables que se utilizan actualmente en la producción de alfombras.

El proyecto cuenta con dos vías de investigación en lo que refiere al tipo de materiales que se emplean para la realización de los hilos.

Una de las vías sobre las que se trabaja es la del uso de materiales reciclados, en este caso se emplean el rPP y el rPES. La reutilización de estos polímeros permite disminuir los residuos

plásticos que se generan a diario, ya que se les da un nuevo uso y no se convierten en desechos. Las propiedades objetivo de estudio en este tipo de polímeros son la tenacidad, el alargamiento y la apariencia tanto en brillo como en suavidad.

Por otro lado, se trabaja con polímeros de origen bio, es decir que provienen de fuentes naturales como pueden ser las plantas ricas en carbohidratos. Varios ejemplos de estos materiales ecológicos empleados en el desarrollo de los trabajos son la biopoliamida (BioPA), el biopolietileno (bioPE), el PHA o el PLA

Dentro del marco del proyecto se han fijado los siguientes objetivos específicos:

- Funcionalización de los polímeros base para la mejora de sus propiedades.
- Realización de mezclas de diversos grados poliméricos para combinar materiales vírgenes y reciclados, buscando optimizar las propiedades de los multifilamentos.
- Hilatura multifilamento empleando secciones especiales para mejorar propiedades como la resiliencia o el brillo de los hilos.
- Texturizado por aire previo para definir el comportamiento de los multifilamentos en el sistema BCF.
- Texturizado BCF de los hilos con mejores resultados obtenidos en el texturizado TASLAN, buscando las mejores propiedades físicas posibles.
- Fabricación de prototipos de tufting y "primary backing" empleando las muestras con las propiedades físicas más destacadas.
- Transferencia de los conocimientos obtenidos y resultados a los sectores industriales que muestren interés en el desarrollo del proyecto.

Desarrollo

El desarrollo del proyecto abarca todo el abanico de fases necesarias para la producción de los prototipos finales, ya que se comienza con los materiales en forma de granza y se procesan hasta obtener el producto final deseado.

Todo comienza en las tareas de compounding, donde empleando la planta experimental con la que cuenta AITEX, y partiendo de materiales en granza y aditivos, se consigue la

obtención de mezclas funcionalizadas que mejoran las propiedades de los materiales base para dotar al producto final de un valor añadido.

Por lo que respecta a la obtención de los hilos multifilamento, se comienza introduciendo la granza virgen o funcionalizada en una extrusora donde se realiza el proceso de hilatura multifilamento por fusión. Estos hilos pueden variar el número de fibras que los componen y también su grosor según el cabezal de hilatura y los parámetros empleados en el proceso.

El proceso productivo continúa empleando la técnica de texturizado por aire TASLAN, la cual mediante el uso de un jet de aire a presión genera bucles en la fibra lo que consigue un hilo con carácter más voluminoso, además de modificar el brillo y darle un acabado más suave que imita al de la fibra cortada. Estas pruebas se realizan para buscar los diversos parámetros óptimos a los que trabajar el hilo posteriormente en el sistema BCF.

Una vez se conoce que hilos son los que cuentan con mejores propiedades y se comportan mejor en el proceso de texturizado, se utilizan estos para la obtención de los hilos BCF. La tecnología Bulk continuous filament es una tecnología de texturizado que busca otorgar resistencia a la abrasión y voluminosidad al hilo y dotarlo de propiedades mejoradas respecto al obtenido en la hilatura multifilamento y emplear estos para obtener productos resistentes tanto para ambientes interiores como para exteriores.

En cuanto a la producción de prototipos, se emplea la tecnología de tufting y de tejeduría de calada. Con el proceso de tufting se generan alfombras con reversos de látex o poliuretano, aunque también cabe la opción de utilizar una espuma. Mediante la técnica de tejeduría de calada, se pueden obtener tejidos destinados a diferentes ámbitos como por ejemplo para tejidos outdoor, empleando cada uno de los hilos que se han obtenido a lo largo del proceso.



Imagen 2. Hilo estilo chenilla obtenido mediante texturizado TASLAN.

Resultados

Los resultados que se esperan alcanzar tras esta anualidad de estudio e investigación de la mejora de las fibras sintéticas para la tecnología Bulk continuous filament, se basan en la obtención de fibras en diversas bases poliméricas respetuosas con el medio ambiente, para la producción de alfombras con propiedades mecánicas mejoradas capaces de sustituir las fibras de PP, PA y acrílicas que se pueden encontrar dentro del mercado actual de BCF.

Estos hilos contarán con títulos elevados, así como una apariencia voluminosa acorde a lo utilizado en la fabricación de alfombras. Se pretende que estos hilos tengan unas buenas propiedades mecánicas de brillo, resiliencia y suavidad que permita obtener unos productos finales con elevada calidad.



Imagen 3. Prototipo del logo BULKY por tufting.

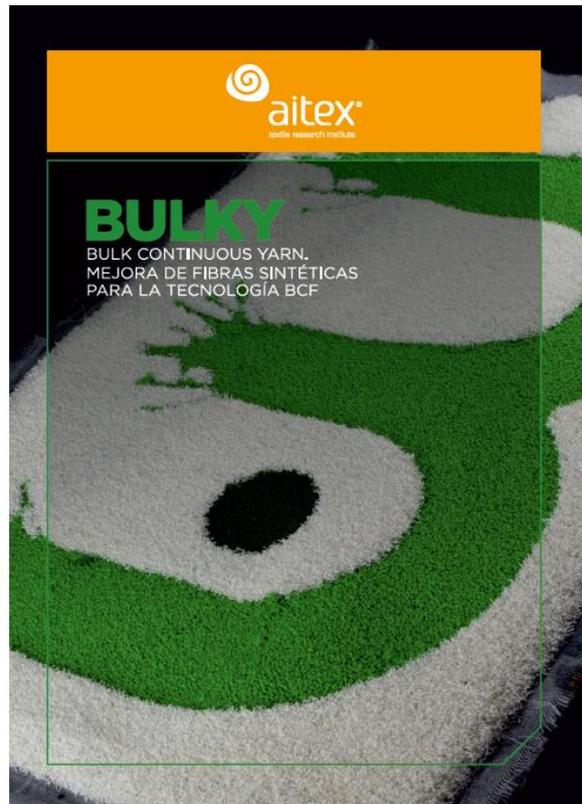
Por último, una vez sintetizada y estudiada la información resultante, se realiza una selección de aquellos hilos aptos para la fabricación de los prototipos empleando tanto la tecnología de tufting como la de tejeduría de calada, para generar prototipos de alfombras y tejidos que cumplan con los objetivos marcados en el inicio del proyecto.

Este proyecto cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana, a través del IVACE, y está cofinanciado por los fondos FEDER de la UE, dentro del programa operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020.

Expediente: IMDEEA/2019/62



V. DIFUSIÓN



MOTIVACIONES

Las fibras sintéticas "Bulk continuous filament" (BCF) utilizadas en la fabricación de alfombras provienen de fuentes no renovables (polipropileno, fibras de poliamida y fibras de poliéster).

Se busca el desarrollo de fibras "eco-friendly"

Investigación de materiales reciclados (rPP y rPES)

Mediante polímeros de origen bio (biopoliamida (BiOPA), el biopolietileno (bioPE), el PHA o el PLA)

RESULTADOS OBTENIDOS

Hilos multifilamento de polipropileno reciclado, poliéster reciclado, PLA, etc. que posteriormente se han volumizado por las tecnologías de texturizado por aire y BCF.

Con el hilo resultante se han ajustado los parámetros del hilo como título y número de cabos para que sea posible su utilización en los procesos de fabricación de alfombras.




APLICACIONES




tapicería alfombras



Productos

- Alfombras Tufted
- Alfombras no-tejidas
- Alfombras Wilton
- Alfombras de calada
- Primary backing



6. TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO

TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO

VI. TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO

6.2. TRANSFERENCIA A EMPRESAS

La transferencia de los resultados a las empresas contempla la publicación de los resultados y conocimientos obtenidos del desarrollo del proyecto. El alcance de esta transferencia se focaliza en los sectores industriales identificados potencialmente receptores de esta información de la Comunitat Valenciana, de forma que se mejore la capacidad tecnológica, innovadora y competitiva de estas empresas.

El modo en el que se realizó la transferencia ha sido a través de estas acciones:

Transferencia y promoción de resultados: durante las fases iniciales del proyecto se formalizó la colaboración con las empresas en el marco del proyecto.

La promoción abierta en medios digitales: durante las fases iniciales de ejecución del proyecto se publicó la noticia en portada, en lugar destacado de www.aitex.es, dando acceso directo al abstract público del proyecto en la propia web.

Visitas/reuniones con empresas para transferir el proyecto: de manera independiente de las acciones anteriores, las cuales por sí mismas conducen a estas reuniones de trabajo con empresas, de manera proactiva se contactó con otras empresas con un potencial interés en el proyecto, con el fin de materializar un modelo de colaboración e implicación en esta iniciativa.

De todas las empresas que mostraron interés en el proyecto, con dos de ellas se estableció un marco de trabajo en cooperación.



Himiesa S.L: Es una empresa innovadora en la elaboración de hilados y fantasías. Sus productos base, están desarrollados tanto en acrílico, como en sus mezclas con lana, siempre en color directamente, permitiendo, desde estas bases, la elaboración de varios artículos con efectos diferentes, torzales, tritorzales, multicabos e incluso fantasías.

VI. TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO



Interfabrics S.L.: Es una empresa localizada en Muro de Alcoy que se dedica a la fabricación de productos textiles, concretamente en la producción de tejeduría de calada.

En ambos casos se han llevado a cabo las mismas actividades a lo largo del desarrollo del proyecto. Primeramente, se ha realizado un análisis de las necesidades de cada una de ellas para de esta forma ver de qué parte del proyecto pueden beneficiarse estas empresas. Una vez decidido el punto anterior se comenzaron los trabajos y se ha ido asesorando a ambas durante la realización de estos. Concretamente el interés de las dos compañías ha estado centrado en los filamentos obtenidos en el apartado de texturizado de hilo mediante TASLAN y BCF, así como en el posterior proceso de tejeduría de Calada y Tufting.

Periódicamente se ha ido informando a las empresas de los resultados que iban obteniéndose, así como al final de la anualidad se ha mantenido contacto con ambas para informar sobre los desarrollos obtenidos y los valores que estos han obtenido.

7. PRESUPUESTO

PRESUPUESTO

VII. PRESUPUESTO

7.1 PRESUPUESTO

En este punto se pasa a clasificar cada uno de los gastos generados durante la realización del proyecto que han sido necesarios para llevarlos a cabo. Las bases del presupuesto se estructuran en tres apartados fundamentales: Recursos humanos, Servicios Externos y Compras.

Dentro de los recursos humanos se agrupan cada uno de los gastos atribuibles a las horas realizadas por cada uno de los miembros del personal participante en el proyecto. En la siguiente tabla se muestra a los diversos integrantes del proyecto, así como el número total de horas que ha realizado y su repartición a lo largo de cada uno de los meses que componen la anualidad. El coste total de este apartado, teniendo en cuenta que el coste/hora de las personas varía en función a su cargo e importancia es de 52.565,84 €.

Tabla 108: Tabla de RRHH del proyecto con las horas totales y su repartición mensual.

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	
Francesc Fornés	102	116	98	91	105	96	96	60	98	102	100	96	1.160
Javier Pascual	16	18	18	10	14	17	12	0	12	16	16	16	165
Paulino Morant	48	66	70	64	67	54	61	60	65	65	55	55	730
Francisco Rico	12	16	30	28	28	40	32	0	24	24	8	8	250
Vicente Cambra	3	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	50
Mónica Pascual	4	9	10	9	10	9	9	3	9	9	6	3	90
Hazael Blanco	2	2	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	40
Neus Jordá	0	3	3	2	2	1	1	0	2	2	1	3	20
Laboratorio	0	0	18	22	24	26	26	14	20	26	24	0	200
	187	235	256	234	258	250	244	144	238	252	218	189	2.705

El segundo bloque por comentar en el presupuesto es el de los servicios externos. Estos servicios externos son las empresas ajenas a AITEX con las que se ha contactado y mantenido un servicio dentro del proyecto, ya sea de asesoramiento, como de trabajos realizados entre otras opciones. En este bloque se ha trabajado con diversas empresas, unas de ellas han participado en la parte técnica como por ejemplo INGENIA, la EPSA, SSM, Moquetas Rols... Y otras en aspectos de difusión como pueden ser Josep Carles Pérez, Área Gráfica o Interempresas.

VII. PRESUPUESTO

En la siguiente tabla se desglosa el gasto de cada una de estas colaboraciones donde el gasto final del bloque asciende a 37.556,96 €:

Tabla 109: Tabla de gastos de SSEE participantes en el proyecto

PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN DEL GASTO	COSTE (€)
MOQUETAS ROLS	Asesoramiento en el manejo de maquinas tufting y realización de prototipos	3.000,00 €
INDUSTRIAS SEGUI S.L.	Ajustes y adaptación en telar	2.800,00 €
INGENIA SM	Diseño de spinnerettes con diferentes secciones	3.710,00 €
UPV-EPSA	Análisis reológico de los compuestos	3.875,00 €
PRINCIPIA	Simulación reológica spinnerette	5.000,00 €
IFEDES	Estudio de mercado, consumos y tipos de fibras	750,00 €
JORGE SEMPERE	Pasado de hilos por mallas y peines para la tejeduría de calada	2.342,03 €
JOAN MIRALLES	Asesoramiento en planta piloto hilatura	6.263,34 €
SSM	Asesoramiento planta piloto Taslan	5.183,15 €
JOSEP PEREZ	Diseño y maquetación material de difusión	578,00 €
ÁREA GRÁFICA	Impresión material de difusión	52,17 €
FAST FORWARD	Traducciones	33,10 €
Interempresas	Otros servicios de difusión. Publicaciones en revistas especializadas.	2.502,00 €
PWC	Realizar auditoría interna	1.095,00 €
Transportes/Alojamiento		373,17 €
Presupuesto total		37.556,96 €

El tercer y último bloque de gastos es el de las compras, ya sean de materiales, de componentes o de fungibles de las diversas plantas piloto. Los mayores gastos se observan que han sido en polímeros y materiales a emplear en las pruebas.

Tabla 110: Tabla de gastos en compras realizadas dentro del proyecto.

PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN DEL GASTO	COSTE (€)
ANGLES TEXTIL	Bio PES	854,78 €
ANTONIO ARACIL MARTINEZ	Revisión mufla planta hilatura	129,22 €
ANTONIO FERRER-DALMAU	Fungible texturizado aire	57,40 €
DUVENBECK KRAFTVERKEHR GMBH & CO. SPEDITION KG	Transporte	110,00 €
FIBERLANE GMBH & CO. KG	Materia prima Tufting	433,83 €
FORNS HOBERSAL, S.L.	Fungible planta hilatura	1.098,28 €
IQAP MASTERBATCH GROUP S.L.	Aditivos polímeros	899,61 €
MASFARNE CUENCA, S.A.	Fungible planta hilatura	35,84 €
METALCO, S.A.	Fungible planta hilatura	673,68 €
NATUREPLAST SAS	Polímeros	2.390,00 €
OERLIKON TEXTILE GMBH & CO. KG	Fungible planta hilatura	61,80 €
PERTEGAZ S.L.	Fungible planta hilatura	750,70 €
PNEULEC, S.L.	Filtros planta hilatura	640,74 €
RESINPOL LATEX COMPOUND, S.L.	Latex para backing	142,00 €
SCHILL+SEILACHER GMBH	Aceite ensimaje	202,50 €
SERCOMAC, S.A.	Fungibles planta hilatura	69,82 €
SETEX TEXTIL GMBH	Materia prima Tufting	1.615,61 €
SP BERNER PLASTIC GROUP, S.L.	Polipropileno reciclado	465,00 €
SSM SCHARER SCHWEITER METTLER AG	Fungibles texturizado por aire	2.563,00 €
ULTRAPOLYMERS SPAIN, S.L.	Diversos grados de poliolefinas	2.255,00 €
VIMA TEXTIL, S.L.	Hilos fibras naturales	2.429,00 €
VIUDA DE TADEO JUAN, S.A.	Transporte	39,03 €
Presupuesto total		17.916,84 €

VII. PRESUPUESTO

Seguidamente se detallan más claramente cada una de las partidas de gastos en materiales, donde el coste del bloque asciende a 17.916,84 €:

Finalmente, el presupuesto global del proyecto se detalla a continuación, donde se muestra cada uno de los tres bloques comentados anteriormente, RRHH (52.565,84 €), SSEE (37.556,96 €) y Compras u otros gastos (17.916,84 €):

A parte de estos bloques, se observa un cuarto apartado llamado “Indirectos” que supone un 22,09% de la suma de los bloques anteriores, por lo que acorde a lo ya comentado, este gasto sería de:

$$\text{Indirectos} = (RRHH + SSEE + Compras) * 0,2209$$

$$\text{Indirectos} = (52.565,84 \text{ €} + 37.556,96 \text{ €} + 17.916,84 \text{ €}) * 0,2209 = 23.865,96 \text{ €}$$

Una vez se tienen los gastos indirectos se puede pasar al cálculo final del proyecto donde se agrupan los 4 apartados ya citados. Se observa que la suma de todos los gastos da una cifra de 131.905,60 €, quedando el presupuesto final del proyecto BULKY detallado de la siguiente manera:

Tabla 111: Presupuesto final del proyecto

COSTES POR SECCIÓN Y COSTE TOTAL	
GASTOS	COSTE
Costes Recursos Humanos	52.565,84 €
Costes Servicios Externos	37.556,96 €
Costes Compras	17.916,84 €
Costes Indirectos (22,09%)	23.865,96 €
COSTE TOTAL PROYECTO	131.905,60 €

VII. PRESUPUESTO

8. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

VIII. CONCLUSIONES

8.1. CONCLUSIONES DEL PROYECTO

Analizando los resultados obtenidos dentro del proyecto BULKY, cabe destacar que estos han sido bastante satisfactorios ya que han cumplido los objetivos marcados en un inicio.

Se han realizado mezclas funcionalizadas de polímeros reciclados en diversos porcentajes funcionalizadas, mediante las cuales se ha llevado a cabo un estudio de cada una de ellas para así obtener los resultados y observar cuales de ellas son más adecuadas para continuar los procesos posteriores de producción. Estas mezclas han sido aditivadas con aditivos como el anhídrico maleico para mejorar la unión de las cadenas moleculares y lograr un mejor resultado del masterbatch.

Se han empleado cabezales con secciones especiales (trilobal y N) para obtener muestras de hilo con el que poder comprobar si el uso de estos cabezales mejora las propiedades de los hilos. Se ha obtenido valores muy ajustados y no se puede concluir que el uso de estas secciones mejore considerablemente las propiedades finales de las fibras.

Se ha empleado el texturizado por aire TASLAN para conocer las características de los hilos y analizar los límites de voluminazo que estos tienen en los meses previos a la llegada de la máquina de BCF. Ha servido de gran ayuda para prever la forma de trabajar posteriormente en la nueva planta adquirida.

Una vez se ha dispuesto de la planta de BCF se han obtenido hilos voluminizados de las formulaciones que mejores resultados han dado en el trabajo previo con el texturizado por aire. Las pruebas han obtenido resultados satisfactorios y las muestras han sido satisfactorias y han cumplido las necesidades para fabricar prototipos de alfombras y moquetas

Las alfombras fabricadas han logrado unos resultados adecuados, así como los tejidos fabricados con idea de uso en backings. El cumplir este objetivo ha dado valor al proyecto ya que confirma que la idea principal que se perseguía es posible.

VIII. CONCLUSIONES

El último objetivo que se buscaba se ha logrado ya que las empresas han recibido los conocimientos y han sido informadas en todo momento durante el desarrollo del proyecto de todos y cada uno de los avances logrados. Para que de esta forma tengan la opción de implementarlos a sus labores productivas y así la industria textil de la Comunidad Valenciana siga creciendo poco a poco.

El cumplir con cada uno de los objetivos marcados da una visión general de que el empleo de materias recicladas es posible y lo más importante de todo, es viable. El producir nuevos productos con esta clase de materiales beneficiará no solo a la industria, si no al planeta, ya que todos los residuos y contaminantes que se están generando hoy en día podrían reducirse significativamente.

Desde AITEX y concretamente desde la realización de este proyecto, se ha trabajado para lograr que el entorno en el que vivimos sea cada vez más sostenible y estos pequeños logros o avances son fundamentales para lograr ese gran objetivo común que todos tenemos. La valoración que se ha hecho del proyecto es muy positiva y de aquí en adelante se continuará investigando y trabajando con los conocimientos adquiridos a lo largo de todo el desarrollo, para poder implementarlo a futuras innovaciones y poder compartirlos con aquellos que pueden hacer de esto una realidad a nivel global, las empresas del sector.



Ilustración 75: Imagen de las ideas y de la sostenibilidad que busca el proyecto

REFERENCIAS

REFERENCIAS

Clément Gourier, A. B. (Febrero de 2017). Influence of PA11 and PP thermoplastic polymers on recycling stability of unidirectional flx fibre reinforced biocomposites. En A. B. Clément Gourier, *Polymer Degradation and Stability* (págs. 136: 1-9). Board. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014139101630372X?via%3Dihub>.

Deans, M. (2018). *Advances in Carpet Manufacture*. K.K. Goswami.

Española, U. N. (26 de Junio de 2013). UNE-EN ISO 13934-1:2013. *Textiles. Propiedades de los tejidos frente a la tracción. Parte 1: Determinación de la fuerza máxima y del alargamiento a la fuerza máxima por el método de la tira*. España: UNE.

Instituto de Tecnología de Materiales, (ITM). (2019). *CARACTERIZACIONES DE MATERIALES EN RELACION AL*. Alcoy: UPV, EPSA.

ISO. (Agosto de 2012). ISO 4919:2012. *Alfombras - Determinación de la fuerza de extracción de mechones*. España: ISO.

ITM, E. P. (2019). *Revisión bibliográfica: Aditivos para rPP y rPET*. Alcoy: UPV-EPSA-ITM.

Keener BD, L. M. (2004). *USA Patente nº WO/2004/078848*.

Mariano. (11 de Agosto de 2011). *blogspot*. Obtenido de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/08/poliacido-lactico-pla.html>

Markets, Z. W. (Febrero de 2017). *Changing Markets*. Obtenido de Changing Markets: <https://changingmarkets.org/portfolio/carpet-recycling/>

Quiminet. (22 de Noviembre de 2005). *Quiminet*. Obtenido de Quiminet: <https://www.quiminet.com/articulos/proceso-de-produccion-del-pet-2561170.htm>

REFERENCIAS

- Sorema. (s.f.). *Sorema Plastic Recycling Systems*. Obtenido de Sorema Plastic Recycling Systems: http://sorema.it/es_ES/applications/pet-bottles/rpet-flakes-for-pet-fiber/
- Standard, E. (May de 1999). ISO 133:1997. *Determination of the melt mass-flow rate (MFR) and the melt volume-flow rate (MVR) of thermoplastics*. DIN.
- Tapia JJB, V. M. (2018). Improving the Rheological and Mechanical Properties of Recycled PET Modified by Macromolecular Chain Extenders Synthesized by Controlled Radical Polymerization. *Journal of Polymers and the Environment*, 26, 4221-4232.
- Universidad Politécnica de Valencia (UPV). (3 de Marzo de 2014). Caracterización Fundamental de ensayos termogravimétricos. *Caracterización Fundamental de ensayos termogravimétricos*. Valencia, Valencia, España: UPV.
- Unknow. (7 de Abril de 2013). *blogspot*. Obtenido de *blogspot*: <http://fibrasjordy.blogspot.com/2013/04/poliamida.html>
- Yolanda GONZÁLEZ GARCÍA, J. C. (2012). *SÍNTESIS Y BIODEGRADACIÓN DE POLIHIDROXIALCANOATOS: PLÁSTICOS DE ORIGEN MICROBIANO*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.

REFERENCIAS
