

2020-2021
ENTREGABLE



Proyecto "WPC+"

MEJORA DE LA FORMULACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS DE MADERA Y PLÁSTICO (WPC) PARA INCREMENTAR LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS SIN MERMAR SUS PRESTACIONES FRENTE AL FUEGO

ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN EL PROYECTO WPC+

Memoria justificativa de las actividades desarrolladas en el proyecto WPC+ (IMDEEA/2020/28).

Número de proyecto: 22000061

Expediente: IMDEEA/2020/28

Duración: Del 01/03/2020 al 31/10/2021

Coordinado en AIDIMME por: GARCÍA MALPARTIDA, STEPHANE A.

Línea de I+D: **APLICACIONES AVANZADAS DE LOS MATERIALES**



**GENERALITAT
VALENCIANA**

IVACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa

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

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

Índice

1	INTRODUCCIÓN.....	3
2	PT1. GESTIÓN Y COORDINACIÓN DEL PROYECTO.....	3
3	PT2. DIFUSIÓN DEL PROYECTO.....	4
4	PT3. TRANSFERENCIA Y PROMOCIÓN DE RESULTADOS.....	4
5	PT4. PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS WPC.....	7
6	PT5. CARACTERIZACIÓN Y COMPARACIÓN DE PROPIEDADES DEL NUEVO MATERIAL WPC+.....	9
6.1	Evaluación del comportamiento frente al fuego.	9
6.2	Evaluación del propiedades físico-mecánicas	18
	Resistencia resbaladidad	28
	COMPROBACIÓN DE LOS PROTOTIPOS	29
1.1	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN. MÓDULO DE ELASTICIDAD (UNE EN 310:1994)	29
1.2	HINCHAZÓN Y ABSORCIÓN DE AGUA (UNE EN 317:1994)	30
1.3	COMPORTAMIENTO EN FLUENCIA	32
1.4	ENSAYO RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (ENSAYO DEL PÉNDULO) (UNE EN 15676).	33
1.5	ENVEJECIMIENTO ARTIFICIAL, QUV.	35
1.6	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	38
1.7	DILATACIÓN TÉRMICA LINEAL.....	39
1.8	FTIR DE COMPONENTES DE WPC+:	41
1.9	DURABILIDAD A LOS AGENTES BIOLÓGICOS	41
1.9.1	DURABILIDAD A LOS AGENTES BIOLÓGICOS. ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LOS HONGOS BASIDIOMICETOS XILÓFAGOS.....	43
1.9.2	ENSAYOS MECÁNICOS. PÉRDIDA DE FLEXIÓN	49
7	PT.6 COMPROBACIÓN DE PROTOTIPOS Y ANÁLISIS DE PATENTE.....	53
7.1	Comprobación de prototipos.	53
7.2	Patente de la formulación desarrollada en el proyecto	55
7.2.2	Búsqueda bibliográfica de patentes	55
7.2.3	Plataforma Espacenet	55
7.2.4	Resultados obtenidos	56
7.2.5	Valoración necesidad de patente	57

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

1 INTRODUCCIÓN

Durante la ejecución del proyecto **WPC+**, se han llevado a cabo los entregables técnicos paquete de trabajo 4 (Tarea 4.1, Tarea 4.2); el paquete de trabajo 5 (Tarea 5.1 y Tarea 5.2) y el paquete de trabajo 6 (Tarea 6.1 y Tarea 6.2). De la misma forma se ha ejecutado los paquetes de trabajo horizontales que se desarrollan a lo largo de todo el tiempo de ejecución del proyecto, concretamente los paquetes de trabajo PT1 (Gestión/Coordinación), PT2 (Difusión) y PT3 (Transferencia de resultados).

2 PT1. GESTIÓN Y COORDINACIÓN DEL PROYECTO

En este paquete de trabajo se engloban todas las actividades relacionadas con la gestión y la coordinación del proyecto. Mediante la celebración de reuniones presenciales y telemáticas generales de seguimiento del proyecto, así como reuniones específicas de los grupos de trabajo para el correcto desarrollo del proyecto y la consecución de hitos y objetivos marcados. Cabe destacar la que se han logrado los objetivos propuestos para este paquete de trabajo:

1. Enfocar de forma global la dirección y objetivos del proyecto.
2. Coordinar y gestionar, de forma integrada, las actividades del proyecto.
3. Asegurar un adecuado nivel de cooperación, comunicación, difusión de conocimientos y consenso entre los miembros del proyecto, velando por el cumplimiento de los diferentes hitos, coordinando en el tiempo las actuaciones de cada uno de los participantes y resolviendo posibles solapes entre paquetes de trabajo y/o participantes.
4. Organizar y participar en las reuniones del proyecto, tanto en las realizadas con los distintos técnicos participantes en el proyecto, como las realizadas con las empresas que colaboran en el proyecto.
5. Revisar y controlar la calidad del trabajo realizado en el proyecto, concentrándose en los entregables procedentes de cada paquete de trabajo, para conformar una documentación de proyecto única y coherente.
6. Proporcionar los procedimientos y medios adecuados para acelerar la explotación de los resultados del proyecto y la difusión de los mismos, protegiendo la propiedad intelectual de modo adecuado.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego



Figura 1 – Captura de pantalla de una reunión telemática del proyecto WPC+

3 PT2. DIFUSIÓN DEL PROYECTO

Las tareas asociadas al paquete de trabajo relacionado con la difusión del proyecto cumplieron con el objetivo de divulgar el conocimiento y los resultados obtenidos durante la investigación, principalmente entre las distintas empresas potencialmente interesadas y la sociedad en general.

Para ello, a lo largo de toda la vida del proyecto se han llevado a cabo acciones de difusión, que han consistido principalmente en: comunicaciones en jornadas, seminarios técnicos, publicaciones web y publicaciones escritas en revistas técnicas especializadas.

Un mayor detalle de las actividades de difusión realizadas pueden consultarse tanto en el Entregable 1, como en el apartado 10 de la Memoria de Justificación.

4 PT3. TRANSFERENCIA Y PROMOCIÓN DE RESULTADOS

Para una transferencia y promoción de resultados eficaz se establecieron los siguientes objetivos:

- Analizar los resultados obtenidos desde un punto de vista de destinarlos para conseguir aumentar la competitividad de nuestras empresas.
- Establecer una hoja de ruta para abrir una nueva línea de servicios de ensayo y consultoría para materiales WPC.
- Establecer una hoja de ruta para abrir un nuevo servicio de ensayo y consultoría para mejora en la formulación de productos WPC.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

Se ha realizado un análisis DAFO de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades del mercado potencial con los resultados obtenidos, orientado a una vía nueva de servicios y consultoría con objeto de mejorar formulaciones de productos WPC que cumplan con la legislación y normativa europea vigente, con el fin de poder exportar esta tipología de material dentro del ámbito europeo y promover una nueva vida a materiales provenientes del mercado del reciclaje.

Tabla 1. Análisis DAFO del mercado potencial con los resultados obtenidos.

<p><u>Fortalezas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Obtención de una mejor clasificación de reacción al fuego frente a competidores. • Utilización de una matriz proveniente del mercado del reciclaje, disminuyendo costes y marcando el producto como economía circular. • Bases de datos e histórico de resultados en comportamiento frente al fuego y propiedades físico-mecánicas que permite posicionar el producto en su entorno. • Conocimiento de la normativa y requisitos técnicos de la legislación. • Disponibilidad del equipamiento necesario para evaluar los productos. • Cumplimiento de condiciones en mayor número de pliegos de licitaciones de su producto. 	<p><u>Debilidades</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Laboratorios acreditados con la normativa UNE-EN 15534. • Normativa y legislación de constante cambio que requiere de sistemas de alerta que permitan estar al corriente de novedades. • Coste económico para las empresas a la hora de comprobar la adecuación a los requisitos técnicos.
<p><u>Oportunidades</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento de criterios y resolución de problemas para mejorar los productos fabricados por las empresas para su posicionamiento en el mercado. • Generación de un nuevo material a partir de un ≈75 % de material reciclado. • Conocimiento de exigencias legislativas. • Crecimiento de las exportaciones. 	<p><u>Amenazas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Posibles barreras tecnológicas y comerciales de carácter económico o legal. • Cambio en la normativa UNE-EN 15534. • Cambio en CTE en España.

Desde un primer momento, el desarrollo de este proyecto estaba orientado a la transferencia y promoción de resultados a las empresas valencianas desde su génesis. Dado el conocimiento en la materia y en la naturaleza de las empresas valencianas, y en particular de las empresas colaboradoras, se ha llevado a cabo un análisis sobre el impacto esperado. En este estudio se tuvo en

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

cuenta las necesidades de dichas empresas, el estado del arte previo, el potencial de mejora y las posibilidades de que dichos resultados pudieran alcanzar el mercado.

Se considera que las empresas englobadas en los siguientes CNAE son beneficiarias de los resultados del proyecto de manera más **directa**:

- 1623.- Fabricación de otras estructuras de madera y piezas de carpintería y ebanistería para la construcción
- 1629.- Fabricación de otros productos de madera; artículos de corcho, cestería y espartería.
- 2221.- Fabricación de placas, hojas, tubos y perfiles de plástico
- 2222.- Fabricación de envases y embalajes de plástico
- 2223.- Fabricación de productos de plástico para la construcción
- 2229.- Fabricación de otros productos de plástico

No obstante, hay un grupo de empresas que también pueden verse beneficiadas de los resultados del proyecto de manera **indirecta** como puedan ser los intermediarios del comercio de la madera y materiales de construcción (CNAE 4613), el comercio al por mayor de madera, materiales de construcción (CNAE 4673), fabricación de plásticos en formas primarias (CNAE 2016), fabricación de papel y cartón (CNAE 1712), fabricación de papel y cartón ondulados; fabricación de envases y embalajes de papel y cartón (CNAE 1721), fabricación de artículos de papel y cartón para uso doméstico, sanitario e higiénico (CNAE 1722) y fabricación de otros artículos de papel y cartón (CNAE 1729)

Las empresas colaboradoras en el proyecto: CITERIUS-PANELDECO y VONDOM han jugado un papel activo en el desarrollo del proyecto. Se han mantenido reuniones periódicas que han permitido obtener la colaboración de las empresas colaboradoras en las tareas asignadas.

Las acciones de promoción y transferencia que se han realizado se detallan en la siguiente tabla, adjuntando a continuación, las actas de las diferentes reuniones llevadas a cabo con las empresas.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

Tabla 2. Tabla detalle de las acciones de transferencia del proyecto.

Acción de transferencia y promoción de resultados	Fecha de la acción de transferencia	Empresas de la C.V. beneficiarias de la acción
Reuniones individuales con empresas colaboradoras del proyecto. Participación activa en la tarea 4.1. del proyecto	22/07/2020	VONDOM
Reuniones individuales con empresas colaboradoras del proyecto. Participación activa en la tarea 4.1. del proyecto	23/07/2020	PANELDECO-CITERIUS
Reuniones individuales con empresas colaboradoras del proyecto. Participación activa en la tarea 3.2. del proyecto	21/10/2021	VONDOM
Reuniones individuales con empresas colaboradoras del proyecto. Participación activa en la tarea 3.2. del proyecto	28/10/2021	PANELDECO-CITERIUS
Reuniones individuales con empresas potencialmente interesadas en el resultado	13/10/2021	DOT SURFACES
Reuniones individuales con empresas potencialmente interesadas en el resultado	15/10/2021	PARQUETS TURIA
Reuniones individuales con empresas potencialmente interesadas en el resultado	13/10/2021	RESIGRES
Reuniones individuales con empresas potencialmente interesadas en el resultado	15/10/2021	PLASVINA

5 PT4. PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS WPC

Se analizaron minuciosamente las propiedades físico-mecánicas del prototipo WPF-PM-01 (proyecto WOODPLASTFOC) ya que fue el prototipo con mejor comportamiento frente al fuego y se compararon con los valores obtenidos en las muestras comerciales en ese mismo proyecto. Con dicha comparación se establecieron nuevos requisitos objetivos para los nuevos prototipos.

Adicionalmente se realizará una profunda búsqueda acerca de los aditivos empleados en WPC para mejorar las propiedades físico-mecánicas señaladas (reuniones con expertos en la materia, búsqueda bibliográfica adicional,...) con el fin de establecer nuevas formulaciones para alcanzar los requisitos propuestos.

También se mantuvieron reuniones con expertos pertenecientes a las empresas colaboradoras del proyecto para investigar en la posible adaptación de dicha formulación a un proceso de fabricación diferente al de extrusión en dos etapas.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

Como resultado de este paquete de trabajo, se elaboró un informe interno en el que se describe el proceso de fabricación y del conjunto de decisiones que se han tomado para cumplir con los objetivos del proyecto: mejora de las propiedades físico-mecánicas de los prototipos sin mermar su comportamiento frente al fuego. (Entregable 3).

El proceso de fabricación escogido es el de extrusión en doble etapa. Primero se realiza el “compounding” con una extrusora de doble husillo obteniéndose un granulado tipo granza de madera-plástico para, seguidamente, finalizar el moldeo con una extrusora monohusillo que le confiere la forma definitiva. Las exigencias de aditivación y conformado final de las muestras que se desean obtener hacen de este método el óptimo para garantizar la fabricación de perfiles correctamente estructurados.

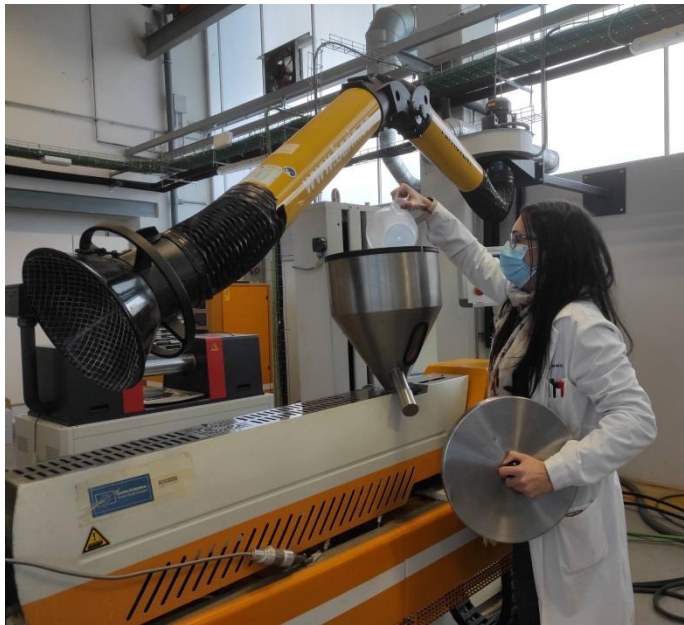


Figura 2 – Técnico de AIDIMME durante el proceso de fabricación de los prototipos.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego



Figura 3 – Técnico de AIDIMME durante el proceso de fabricación de los prototipos.

6 PT5. CARACTERIZACIÓN Y COMPARACIÓN DE PROPIEDADES DEL NUEVO MATERIAL WPC+

Teniendo en cuenta la variedad de aplicaciones finales asociadas a los productos WPC, se evaluaron sus prestaciones más relevantes según su uso final, destacando especialmente el comportamiento frente al fuego y sus propiedades físico-mecánicas.

Cabe recordar que se desarrollaron cinco formulaciones distintas en las que se variaban ligeramente las proporciones de matriz polimérica, harina de madera, aditivo ignifugo APP y aditivo UV y conservando la misma cantidad de harina de madera.

6.1 Evaluación del comportamiento frente al fuego.

Se ha investigado el comportamiento frente al fuego de los prototipos desarrolladas en proyecto **WPC+**. Se ha realizado el ensayo de cono calorimétrico (**ISO 5660-1:2015+A1:2019**) teniendo en cuenta las dimensiones de las probetas, para aumentar el número de datos en la correlación entre los ensayos de pequeña escala y de gran escala.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

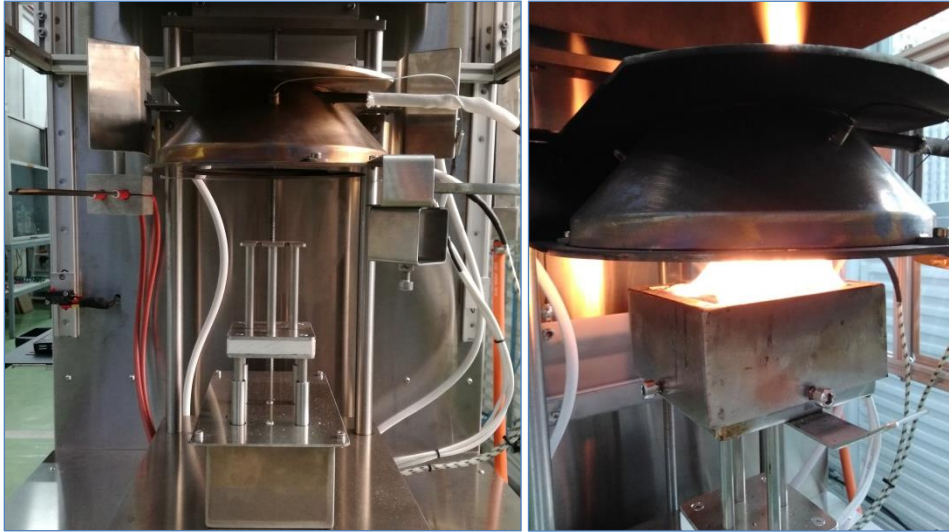


Figura 4. Disposición del cono calefactor y ejemplo de irradiación sobre muestra.

También se ha evaluado el comportamiento frente a la acción de un foco radiante y de un frente de llama. Se lleva a cabo mediante la norma **UNE-EN ISO 9239-1:2011**. *Ensayos de reacción al fuego de los revestimientos de suelos. Parte 1: determinación del comportamiento al fuego mediante una fuente de calor radiante.*



Figura 5. Panel radiante: prototipo fabricado en perfiles montado en marco y acción de las llamas piloto.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

A continuación se presentan los resultados y evaluación de resultados de comportamiento frente al fuego de los prototipos:

Tabla 3. Resultados de cono calorimétrico prototipos WPC+

PARÁMETRO/MUESTRA	WPF-PM-01	WPC+ -01	WPC+ -02	WPC+ -03	WPC+ -04	WPC+ -05
Espesor (mm)	30	30	30	30	30	30
Masa (g)	81,1	76,0	74,6	72,3	75,0	69,6
C: Constante de orificio	0,04506	0,04506	0,04506	0,04506	0,04506	0,04506
Irradiancia (kW/m ²)	35	35	35	35	35	35
Flujo de extracción (m ³ /s)	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
Tiempo de inflamación (s)	64	84	96	70	102	42
Duración del ensayo (s)	1200	1200	1200	1218	1200	1200
HRR: Tasa de emisión de calor por unidad de área (kW/m ²)	71,03	73,57	101,57	106,89	122,52	175,97
q _{A,180s} (kW/m ²)	47,92	82,96	105,49	102,46	94,27	140,62
q _{A,300s} (kW/m ²)	59,33	73,21	91,89	96,43	95,74	163,51
q _{A,máx} : MAHRE (kW/m ²)	64,8	69,3	93,3	100,7	112,1	174,2
THR: Calor emitido total por unidad de área (MJ/m ²)	77,8	82,1	111,9	122,7	134,5	203,8
m _s : masa en el tiempo de inflamación (g)	81,2	75,0	73,2	70,2	73,8	68,6
m _f : masa al final del ensayo (g)	67,7	38,8	36,3	32,0	34,3	14,6
Pérdida de masa (g/m ²)	1527,15	4095	4174,2	4321,3	4468,3	6215,5
Tasa media de pérdida de masa (g/m ² s)	1,27	3,67	3,78	3,76	4,07	5,06
S _{A,1} : emisión total de humos por unidad de área durante la fase sin llama (m ² /m ²)	0,6	20,1	13,6	10,9	18,7	28
S _{A,2} : emisión total de humos por unidad de área durante la fase con llama (m ² /m ²)	1063,4	2271,8	1533,9	1238,1	2113	3168,2
S _A : emisión total de humos por unidad de área de la muestra (m ² /m ²)	1064	2291,9	1547,5	1249	2131,7	3196,2
Superficie expuesta (m ²)	0,00884	0,00884	0,00884	0,00884	0,00884	0,00884

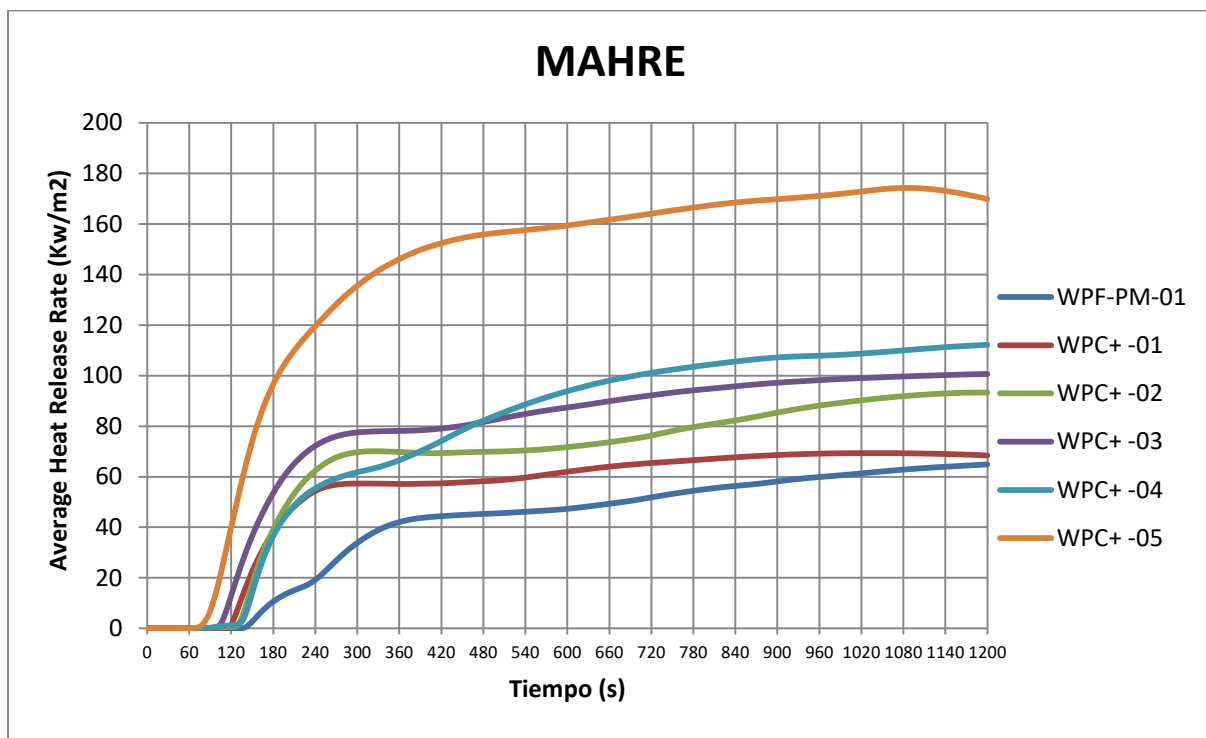
“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

En las siguientes gráficas se han representado conjuntamente los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros más relevantes recogidos durante la evaluación del comportamiento frente al fuego mediante el cono calorimétrico.

En la figura 6 se puede observar la evolución de la tasa máxima de liberación de calor producida por cada uno de los prototipos desarrollados en el proyecto WPC+. Se intuye una relación entre el porcentaje de retardante de llama presente en la formulación, con la tasa máxima de liberación de calor (MAHRE). El prototipo WPC+_05, que contiene el menor porcentaje de retardante de llama ofrece unos resultados significativamente peores.

El prototipo base, referenciado como WPF-PM-01, presenta un ligero mejor comportamiento que el prototipo WPC+_01, a pesar de presentar comparativamente un 25% menos de retardante de llama. Por lo tanto, podemos concluir que el ajuste de la formulación ha sido satisfactorio.

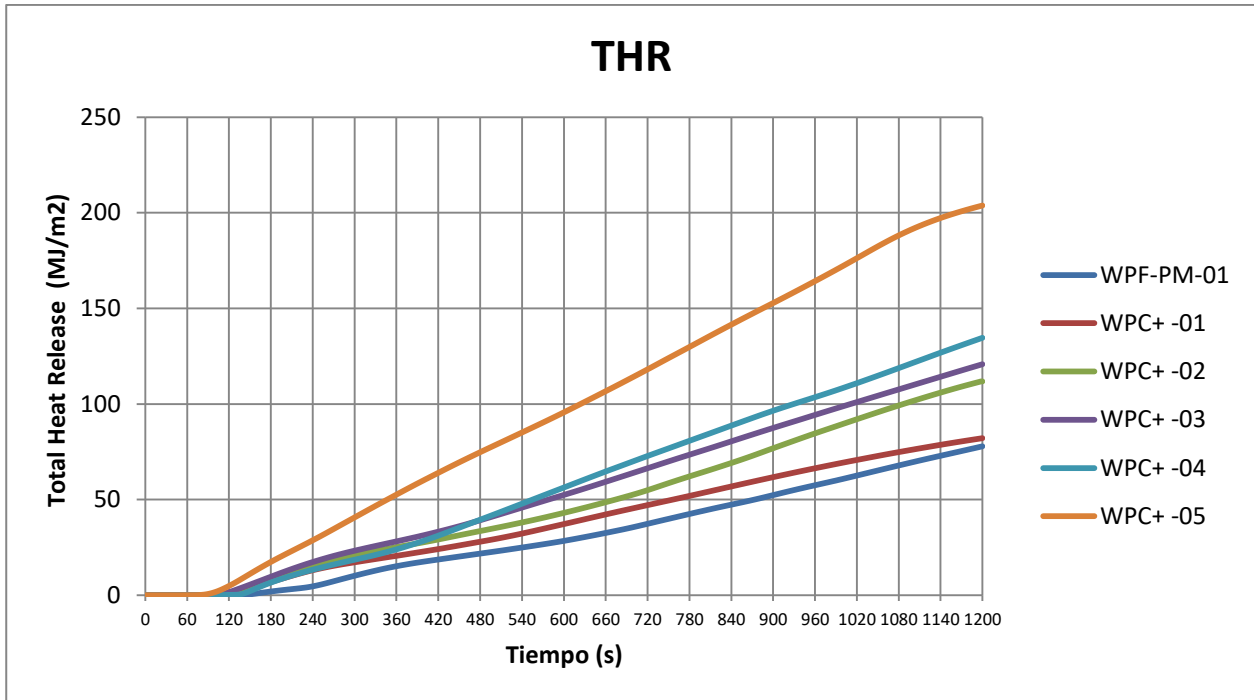
Figura 6. Tasa máxima de emisión de calor (HRR) durante la realización del ensayo de cono calorimétrico



Análogamente, los datos representados en la figura 7, para el calor total emitido (Total Heat Release; THR), arrojan unas conclusiones idénticas a las explicadas para la anterior representación gráfica.

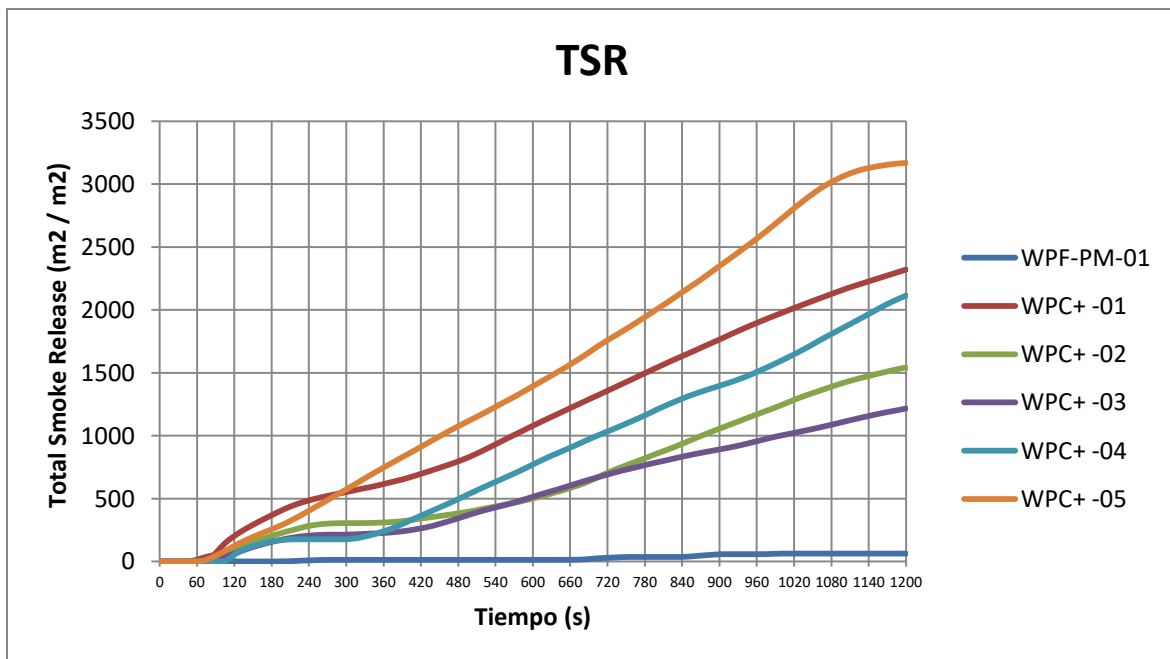
Figura 7. Emisión de calor total (THR) durante la realización del ensayo de cono calorimétrico

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego



Sin embargo, no se ha observado una relación directa con la emisión de humos totales (Total Heat Release). Se sospecha a que puede ser debido a que este factor no depende únicamente de la cantidad de retardante de llama presente en la formulación.

Figura 8. Producción total de humos (TSP) durante la realización del ensayo de cono calorimétrico



“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

En las siguientes figuras se exponen fotos de las experiencias realizadas durante el proyecto:



Figura 9. Ensayo del cono calorimétrico sobre prototipos WPC+



Figura 10. Detalle del cono calorimétrico sobre prototipos WPC+

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego



Figura 11. Prototipo WPC+_01 después del ensayo de reacción al fuego.

En la tabla 59, se recogen y comparan los datos más representativos del ensayo del cono calorimétrico para cada uno de los prototipos desarrollados en el proyecto WPC+ además del prototipo de partida desarrollado en el proyecto WOODPLASTFOC (referenciado como WPF-PM-01).

Tabla 4. Resultados del ensayo de reacción al fuego probetas WPC+

Prototipo	MAHRE (Kw/m ²)	THR (MJ/m ²)	TSR (m ² /m ²)
WPF-PM-01	64,8	77,8	1064
WPC+ -01	69,3	82,1	2291,9
WPC+ -02	93,3	111,9	1547,5
WPC+ -03	100,7	122,7	1249
WPC+ -04	112,1	134,5	2131,7
WPC+ -05	174,2	203,8	3196,2

Existe una aceptable correlación polinómica de segundo grado, entre el porcentaje de retardante de llama empleado y la cantidad total de calor liberado (Total Heat Release: THR) y tasa máxima de liberación de calor (MAHRE).

Sin embargo, no se ha observado una relación directa con la emisión de humos totales (Total Heat Release), ya que este factor no depende únicamente de la cantidad de retardante de llama presente en la formulación.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

A continuación se recogen en la siguiente tabla resumen los resultados obtenidos en la experiencia de acción simultánea de foco radiante y llama

Tabla 5. Resultados panel radiante prototipos WPC+ (Panel radiante)

		WPC+_01	WPC+_02	WPC+_03	WPC+_04	WPC+_05
Velocidad del flujo de aire (m/s)		2.51	2.47	2.50	2.43	2.42
Temperatura panel radiante (°C)		571	570	575	574	573
Temperatura cámara ensayo (°C)		155	151	149	152	155
CHF / HF (kW/m²)		1.8	1.9	1.6	1.5	< 1.5
HF-10 (kW/m ²)		5.9	7.4	5.5	4.9	3.9
HF-20 (kW/m ²)		2.8	3.0	2.9	2.3	1.6
HF-30 (kW/m ²)		1.8	1.9	1.6	1.5	< 1.5
Tiempo en que la llama alcance la distancia de	50 mm	199	254	189	175	159
	100 mm	270	335	257	241	227
	150 mm	341	463	327	301	279
	200 mm	382	530	359	344	299
	250 mm	451	580	417	389	375
	300 mm	532	639	489	451	427
	350 mm	618	689	555	501	489
	400 mm	720	801	621	589	545
	450 mm	833	932	746	688	611
	500 mm	1019	1094	869	803	698
	550 mm	1201	1264	1007	974	776
	600 mm	1353	1451	1213	1084	992
	650 mm	1642	1698	1599	1255	1189
	700 mm			1736	1594	1494
750 mm					1675	

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

Tabla 6. Resultados panel radiante prototipos WPC+

	WPC+_01	WPC+_02	WPC+_03	WPC+_04	WPC+_05
Inflamación de la probeta (S/N)	SI	SI	SI	SI	SI
Tiempo de extinción de llama (s)	> 1800	> 1800	> 1800	> 1800	> 1800
Distancia máxima de propagación de la llama (mm)	690	660	710	730	820
Atenuación de la luz (% x min)	1611.7	1092.8	984.1	1589.7	2047.5



Figura 12. Aspecto prototipo fabricado tras ensayo panel radiante

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

Discusión de resultados

Los resultados del panel radiante ponen de manifiesto que el comportamiento frente a la acción conjunta de llama y de acción de panel radiante es distinto de cuando únicamente son sometidos a la acción de la radiación (como es el caso del cono calorimétrico). Se ha observado que aquellos perfiles que tenían un acabado más rugoso presentaron peores resultados que prototipos con menor cantidad de retardante de llama pero cuya superficie era más lisa.

Este suceso puede ser debido a una falta de homogeneidad en el proceso de fabricación, debido a que los materiales de partida hayan acumulado mayor cantidad de agua (como ya se explicó en el Entregable 3). No se ha hallado una explicación plausible a que formulaciones muy similares obtengan acabados superficiales tan diferentes.

6.2 Evaluación del propiedades físico-mecánicas

A continuación se incluyen el resumen de los resultados de la caracterización físico mecánica, durabilidad a los agentes biológicos, durabilidad al envejecimiento y a la humedad, conductividad y dilatación térmica, de los prototipos WPC (Wood Plastic Composites) desarrollados en el proyecto **WPC+**, que pueden ser consultados más extensamente en el Entregable 4.

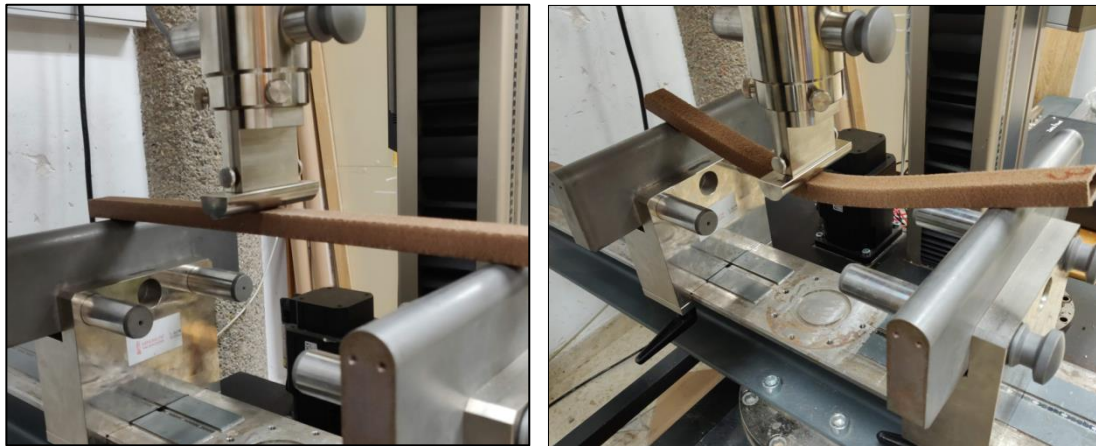


Figura 13. Muestra WPC+_03 antes (izq.) y después (dcha.) del ensayo de flexión.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

Tabla 7. Resultados físico mecánicos muestra WPC1

WPC1			
ENSAYOS REALIZADOS	MÉT. ENSAYO	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR
Densidad (kg/m ³)	UNE EN 323	458	6
Resistencia a la flexión (N/mm ²) (longitudinal)	UNE EN 310	12.73	2.68
Módulo de elasticidad (N/mm ²) (longitudinal)	UNE EN 310	1132.95	47.90
Carga máxima de rotura por flexión (N)	UNE EN 310	254.68	53.63
Hinchazón (%) en espesor, tras 28 días de inmersión en agua.	UNE EN 317	6.9	0.35
Absorción de agua (%), tras 28 días de inmersión en agua.	UNE EN 317	13.6	0.34

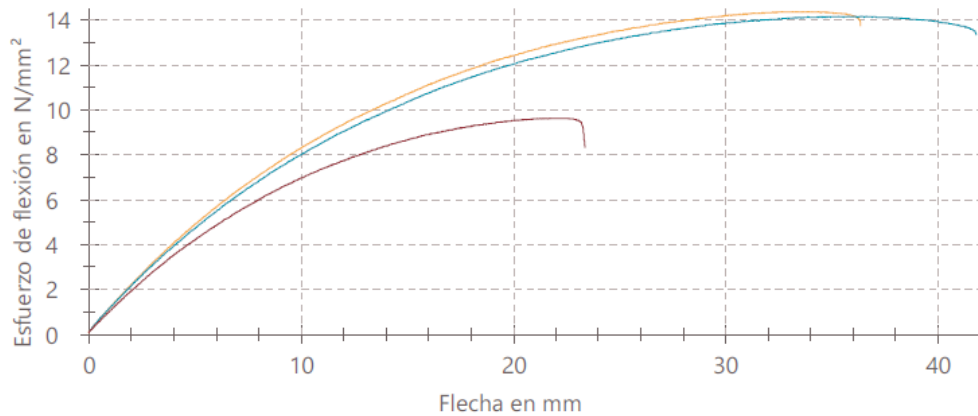


Figura 14. Curva carga frente a desplazamiento del ensayo de resistencia a flexión.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

COMPORTAMIENTO EN FLUENCIA

Método de ensayo según UNE EN 15534-1:2014+A1:2018, apartado 7.4.2

Tabla 8. Resultados comportamiento en fluencia WPC 1.

PARÁMETRO	MEDIA
a ₁ (mm)	2.10
a ₂ (mm)	2.84
a ₃ (mm)	8.50
a ₅ (mm)	7.48
Factor de fluencia. Cf	8
Recuperación en fluencia ,Erc (%)	16

ENSAYO RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

Tabla 9. Resultados de resistencia al deslizamiento WPC 1.

MÉTODO DE ENSAYO	PARÁMETRO	RESULTADO WPC-01				
UNE CEN/TS 15676 Ensayo en húmedo	Réplicas	1	2	3	4	5
	Valor de la resistencia al deslizamiento en 0º	52	44	46	45	47
	Valor de la resistencia al deslizamiento en 180º	50	49	48	49	48
	Valor medio probeta	47,8				
Clase	Resistencia resbaladidad	3				

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

Tabla 10. Resultados físico mecánicos muestra WPC2

WPC 2			
ENSAYOS REALIZADOS	MÉT. ENSAYO	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR
Densidad (kg/m ³)	UNE EN 323	448	8
Resistencia a la flexión (N/mm ²) (longitudinal)	UNE EN 310	11.48	0.15
Módulo de elasticidad (N/mm ²) (longitudinal)	UNE EN 310	1147.28	40.55
Carga máxima de rotura por flexión (N)	UNE EN 310	229.62	3.03
Hinchazón (%) en espesor, tras 28 días de inmersión en agua.	UNE EN 317	6.4	0.70
Absorción de agua (%), tras 28 días de inmersión en agua.	UNE EN 317	19.5	0.42

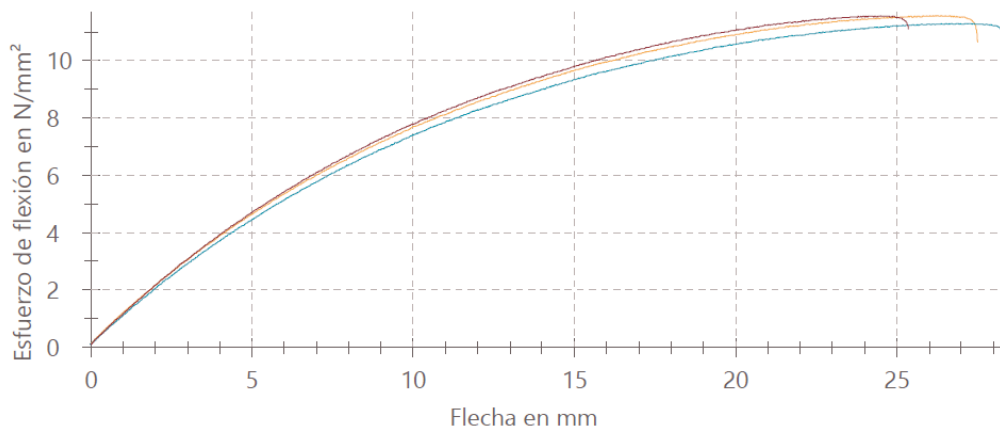


Figura 15. Curva carga frente a desplazamiento del ensayo de resistencia a flexión.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

COMPORTAMIENTO EN FLUENCIA

Método de ensayo según UNE EN 15534-1:2014+A1:2018, apartado 7.4.2

Tabla 11. Resultados comportamiento en fluencia WPC 2

PARÁMETRO	MEDIA
a ₁ (mm)	0.0
a ₂ (mm)	3.1
a ₃ (mm)	9.42
a ₅ (mm)	2.18
Factor de fluencia. Cf	2
Recuperación en fluencia, Erc (%)	77

ENSAYO RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

Tabla 11. Resultados de resistencia al deslizamiento WPC 2.

MÉTODO DE ENSAYO	PARÁMETRO	RESULTADO WPC-02				
UNE CEN/TS 15676 Ensayo en húmedo	Réplicas	1	2	3	4	5
	Valor de la resistencia al deslizamiento en 0º	36	41	41	40	37
	Valor de la resistencia al deslizamiento en 180º	44	42	37	40	44
	Valor medio probeta	40,2				
Clase	Resistencia resbaladidad	2				

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

Tabla 12. Resultados físico mecánicos muestra WPC3

WPC 3			
ENSAYOS REALIZADOS	MÉT. ENSAYO	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR
Densidad (kg/m ³)	UNE EN 323	419	10
Resistencia a la flexión (N/mm ²) (longitudinal)	UNE EN 310	10.13	1.36
Módulo de elasticidad (N/mm ²) (longitudinal)	UNE EN 310	948.55	43.45
Carga máxima de rotura por flexión (N)	UNE EN 310	202.70	27.24
Hinchazón (%) en espesor, tras 28 días de inmersión en agua.	UNE EN 317	4	0.33
Absorción de agua (%), tras 28 días de inmersión en agua.	UNE EN 317	22.1	1.22

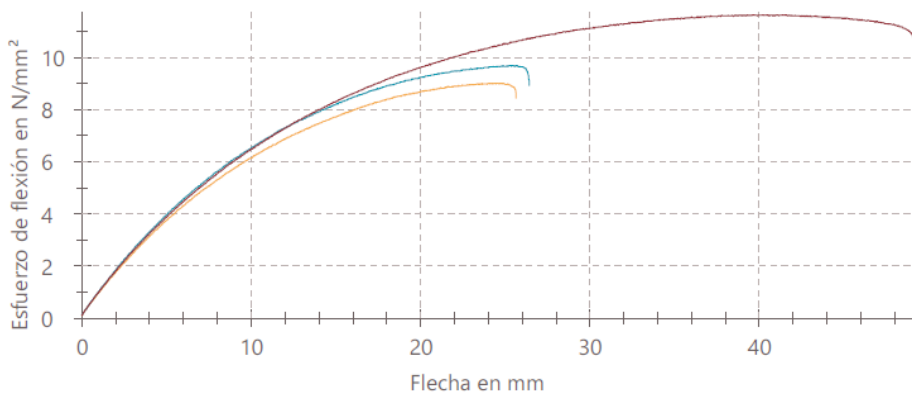


Figura 16. Curva carga frente a desplazamiento del ensayo de resistencia a flexión.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

COMPORTAMIENTO EN FLUENCIA

Método de ensayo según UNE EN 15534-1:2014+A1:2018, apartado 7.4.2

Tabla 13. Resultados comportamiento en fluencia WPC 3

PARÁMETRO	MEDIA
a ₁ (mm)	0.0
a ₂ (mm)	4.23
a ₃ (mm)	12.58
a ₅ (mm)	5.39
Factor de fluencia. Cf	2
Recuperación en fluencia, Erc (%)	57

ENSAYO RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

Tabla 14. Resultados de resistencia al deslizamiento WPC3.

MÉTODO DE ENSAYO	PARÁMETRO	RESULTADO WPC-03				
UNE CEN/TS 15676 Ensayo en húmedo	Réplicas	1	2	3	4	5
	Valor de la resistencia al deslizamiento en 0º	56	58	59	59	59
	Valor de la resistencia al deslizamiento en 180º	61	61	61	62	61
	Valor medio probeta	59,7				
Clase	Resistencia resbaladidad	3				

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

Tabla 15. Resultados físico mecánicos muestra WPC4

WPC 4			
ENSAYOS REALIZADOS	MÉT. ENSAYO	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR
Densidad (kg/m ³)	UNE EN 323	426	2
Resistencia a la flexión (N/mm ²) (longitudinal)	UNE EN 310	11.80	0.81
Módulo de elasticidad (N/mm ²) (longitudinal)	UNE EN 310	1171.98	33.09
Carga máxima de rotura por flexión (N)	UNE EN 310	236.17	16.32
Hinchazón (%) en espesor, tras 28 días de inmersión en agua.	UNE EN 317	3.5	0.24
Absorción de agua (%), tras 28 días de inmersión en agua.	UNE EN 317	13.7	0.34

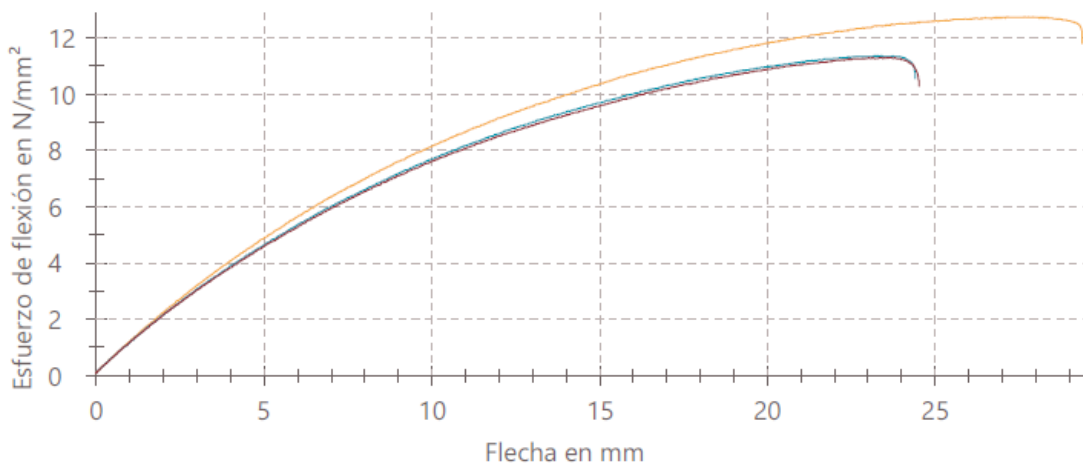


Figura 17. Curva carga frente a desplazamiento del ensayo de resistencia a flexión.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

COMPORTAMIENTO EN FLUENCIA

Método de ensayo según UNE EN 15534-1:2014+A1:2018, apartado 7.4.2

Tabla 16. Resultados comportamiento en fluencia WPC 4

PARÁMETRO	MEDIA
a ₁ (mm)	0.75
a ₂ (mm)	2.87
a ₃ (mm)	7.66
a ₅ (mm)	4.11
Factor de fluencia. Cf	2
Recuperación en fluencia, Erc (%)	51

ENSAYO RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

Tabla 17. Resultados de resistencia al deslizamiento WPC4

MÉTODO DE ENSAYO	PARÁMETRO	RESULTADO WPC-04				
UNE CEN/TS 15676 Ensayo en húmedo	Réplicas	1	2	3	4	5
	Valor de la resistencia al deslizamiento en 0º	51	52	50	53	46
	Valor de la resistencia al deslizamiento en 180º	41	41	46	47	46
	Valor medio probeta	47,3				
Clase	Resistencia resbaladicidad	3				

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

Tabla 18. Resultados físico mecánicos muestra WPC5

WPC 5			
ENSAYOS REALIZADOS	MÉT. ENSAYO	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR
Densidad (kg/m ³)	UNE EN 323	406	3
Resistencia a la flexión (N/mm ²) (longitudinal)	UNE EN 310	9.42	0.25
Módulo de elasticidad (N/mm ²) (longitudinal)	UNE EN 310	835.14	18.73
Carga máxima de rotura por flexión (N)	UNE EN 310	188.45	5.08
Hinchazón (%) en espesor, tras 28 días de inmersión en agua.	UNE EN 317	4.1	0.58
Absorción de agua (%), tras 28 días de inmersión en agua.	UNE EN 317	19.5	0.96

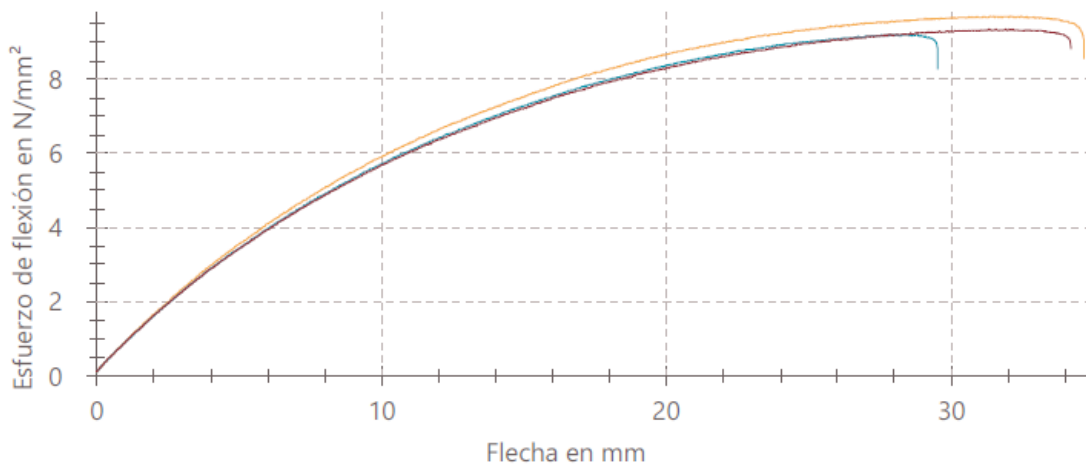


Figura 18. Curva carga frente a desplazamiento del ensayo de resistencia a flexión.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

COMPORTAMIENTO EN FLUENCIA

Método de ensayo según UNE EN 15534-1:2014+A1:2018, apartado 7.4.2

Tabla 19. Resultados comportamiento en fluencia WPC 5

PARÁMETRO	MEDIA
a ₁ (mm)	0.5
a ₂ (mm)	4.45
a ₃ (mm)	14.57
a ₅ (mm)	6.34
Factor de fluencia. Cf	3
Recuperación en fluencia ,Erc (%)	58

ENSAYO RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

Tabla 20. Resultados de resistencia al deslizamiento WPC5

MÉTODO DE ENSAYO	PARÁMETRO	RESULTADO WPC-05				
UNE CEN/TS 15676 Ensayo en húmedo	Réplicas	1	2	3	4	5
	Valor de la resistencia al deslizamiento en 0º	62	64	63	63	65
	Valor de la resistencia al deslizamiento en 180º	65	65	64	65	64
	Valor medio probeta	64				
Clase	Resistencia resbaladidad	3				

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

COMPROBACIÓN DE LOS PROTOTIPOS

1.1 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN. MÓDULO DE ELASTICIDAD (UNE EN 310:1994)

		WPF-PM-01	WPC 1	WPC 2	WPC 3	WPC 4	WPC 5
Resistencia a la flexión (N/mm²) (longitudinal)	Media	11.5	12.73	11.48	10.13	11.80	9.42
	Desv. estándar	0.7	2.68	0.15	1.36	0,81	0,25
Módulo de elasticidad (N/mm²) (longitudinal)	Media	1090	1132.95	1147.28	948.55	1171.98	835.14
	Desv. estándar	84	47.90	40.55	43.45	33.09	18.73
Carga máxima de rotura por flexión (N)	Media	230	254.68	229.62	202.70	236.17	188.45
	Desv. estándar	14	53.63	3.03	27.24	16.32	5.08

Tabla 21. Tabla resumen resultados resistencia a la flexión

Las muestras WPC 1, WPC 2 y WPC 4 presentan una resistencia a la flexión similar a la muestra original WPF-PM-01, quizás debido a la sinergia del aditivo APP con el aditivo UV, que también se observa en los resultados obtenidos en el modulo de elasticidad siendo las probetas WPC 1, WPC 3 y WPC 5 las que tienen mayor contenido en aditivo y produciendo los valores mas bajos de toda la serie.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

1.2 HINCHAZÓN Y ABSORCIÓN DE AGUA (UNE EN 317:1994)

Tabla 22. Porcentajes de hinchazón y absorción de las muestras WPC tras 28 días de inmersión en agua.

		WPC 1	WPC 2	WPC 3	WPC 4	WPC 5
Hinchazón (%)	Media	6.9	6.4	4	3.5	4.1
	Desv. estándar	0.35	0.70	0.33	0.24	0,58
Absorción (%)	Media	13.6	19.5	22.1	13.7	19.5
	Desv. estándar	0.34	0.42	1.22	0,34	0,96

Los compuestos obtenidos tienen un aspecto muy similar, aunque cabe destacar que los compuestos con mayor porcentaje de aditivo UV, muestras WPC 1, WPC 3 y WPC 5, absorben más agua durante el proceso de enfriado y corte, y salen más mojados. Posteriormente deben ser secados durante un mayor tiempo.

Durante el proceso de *compounding*, se ha observado una coloración blanquecina del agua de enfriamiento y algunos residuos sólidos, que podrían ser atribuibles al ignífugo empleado

Durante las pruebas de extrusión se observó lo siguiente:

- Los compuestos realizados en la primera fase de *compounding* requieren de un proceso de secado en un desecador, durante 1-2h a 90°C, debido al alto contenido en humedad que almacenan. Si la humedad no se elimina provoca problemas en el procesado, altas variaciones de presión y degradación del material.
- El perfil extruido referente a la muestra WPC+_02 ofrece un mejor acabado superficial debido a la ausencia de rugosidad, superficie lisa.
- Para el resto de muestras, el acabado superficial es más áspero que la mencionada en el punto anterior.

Se busca conseguir un material que tenga el menor porcentaje de hinchazón y absorción de agua. La hinchazón provoca cambios dimensionales y según donde esté instalado el producto puede causar problemas por deformaciones. La absorción de agua de la humedad ambiental también es un problema porque favorece la proliferación de hongos y bacterias que debilitan el material y pueden provocar malos olores.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

La higroscopicidad es la propiedad por la cual algunos materiales son capaces de absorber humedad del ambiente que le rodea y retenerla en sí.

La matriz polimérica HDPE es apolar, por ello no es afín al agua y tampoco es higroscópico, pero la madera sí presenta esta propiedad. La proporción de harina de madera en las diferentes muestras es constante, con lo cual las medidas de absorción e hinchazón deberían ser similares. La disposición de las cargas y aditivos en la composición del material también puede influenciar este parámetro, ya que modifican su porosidad.

Si el empaquetamiento de las cargas y aditivos es bueno, la porosidad será menor. La baja porosidad protege la madera dificultando el acceso a la humedad. Por el contrario, si este empaquetamiento no es bueno, la humedad tendrá más fácil acceso.

La absorción entre las muestras WPC 2, WPC 3 y WPC 5 son muy parecidas, con un valor alrededor del 20 %. Mientras que las muestras WPC 1 y WPC 4 presentan un valor similar alrededor del 13 %.

La muestra WPC 4 presenta el resultado más favorable, cuyos porcentajes de hinchazón y absorción de humedad son menores que el resto. Puede ser debido a que tiene mayor proporción de matriz polimérica HDPE y ésta protege el material del acceso del agua al interior.

Siguiendo esta regla, WPC 5 debería tener baja absorción, porque al igual que WPC 4 presenta un alto porcentaje de HDPE en su composición, pero la disposición de los aditivos causa más porosidad, de manera que la humedad tiene más fácil acceso a la harina de madera.

WPC 1 tiene mayor hinchazón porque contiene menor cantidad de matriz polimérica HDPE y no puede evitar que la harina de madera aumente su dimensión a causa de la absorción de humedad. Es la muestra que hincha más pero absorbe menos.



Figura 19. Ensayo de hinchazón y absorción de agua de probetas de perfil WPC+.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

1.3 COMPORTAMIENTO EN FLUENCIA

Tabla 23. Resultados comportamiento en fluencia muestras WPC.

	WPC 1	WPC 2	WPC 3	WPC 4	WPC 5
Factor de fluencia, Cf	8	2	2	2	3
Recuperación en fluencia, Erc (%)	16	77	57	51	58

Teniendo en cuenta los requisitos establecidos en la norma de producto EN 15534-4 para perfiles de cubiertas y baldosas, el factor de fluencia debe ser inferior a 6 y la recuperación de fluencia debe ser mayor de 30, por lo que el prototipo WPC 1 no cumpliría con los requisitos.

WPC 1 está inicialmente deformada, lo cual indica que la composición de este perfil ya tiene cierta fluencia, y la recuperación es muy complicada. Viendo la composición, puede ser debido a que tiene menor cantidad de matriz polimérica HDPE y más cantidad de aditivo ignífugo APP y aditivo UV. Al tener menos soporte polimérico puede ser la causa de la deformación por estar sobre aditivado.

A parte de WPC 1, las otras muestras tienen buen porcentaje de recuperación en fluencia, lo cual significa que parte del material sigue en su zona elástica. Al quitar la carga, se recupera más de un 50% al estado original. Destaca la muestra WPC 2 por tener el mayor valor de recuperación en fluencia respecto las demás. Por otra parte, WPC 5 presenta mayor factor de fluencia porque contiene más cantidad de HDPE, componente que le confiere las propiedades elásticas o plásticas del material.

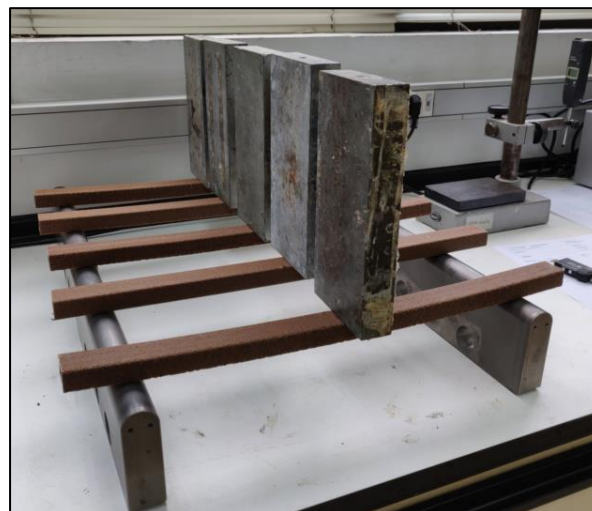


Figura 20. Ensayo de fluencia de las probeta de perfiles WPC+.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

1.4 ENSAYO RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (ENSAYO DEL PÉNDULO) (UNE EN 15676).

	WPF-PM-01	WPC 1	WPC 2	WPC 3	WPC 4	WPC 5
UNE CEN/TS 15676	39,8	47,8	40,2	59,7	47,3	64
Clase Resistencia resbaladidad	2	3	2	3	3	3

Tabla 24. Resultados resistencia al deslizamiento muestras WPC.

Discusión de los resultados:

En el caso del ensayo de resistencia al deslizamiento, todos los desarrollos del proyecto serían aptos según la norma UNE-EN-15534-4:2014 donde se exige Clase > 1.. Dichas diferencias dependen mayoritariamente del diseño del producto, así como de su rugosidad superficial.

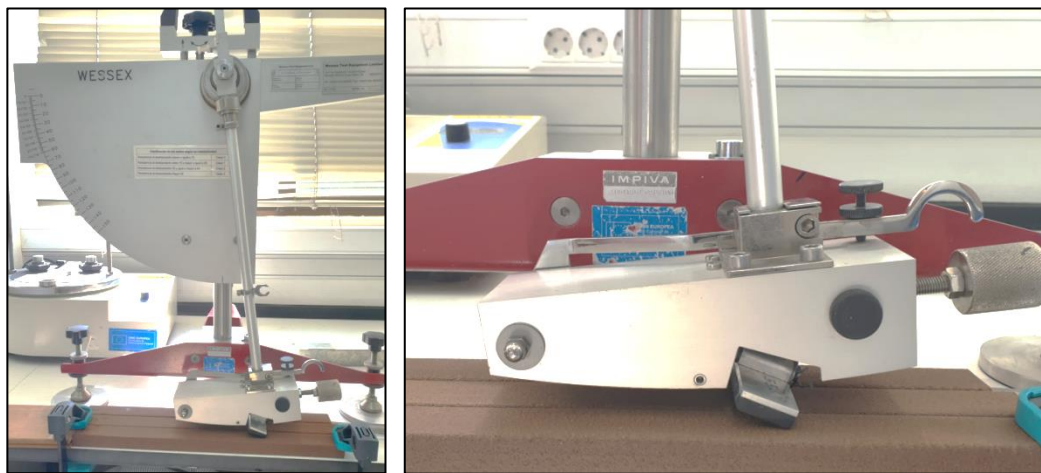


Figura 21. Montaje ensayo de deslizamiento sobre probetas WPC+.

Teniendo en cuenta el Código Técnico de la Edificación (CTE), y más concretamente en el DB SUA (Documento Básico – Seguridad Utilización y Accesibilidad), en su sección 1: Seguridad frente al riesgo de caídas, los suelos se clasifican, en función de su valor de resistencia al deslizamiento Rd, de acuerdo con lo establecido en la tabla 1.1:

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

Tabla 1.1: Clasificación de los suelos según su resbaladidad

Localización y características del suelo	Clase
$R_d \leq 15$	0
$15 < R_d \leq 35$	1
$35 < R_d \leq 45$	2
$R_d \leq 45$	3

La tabla 1.2 indica la clase que deben tener los suelos, como mínimo, en función de su localización. Dicha clase se mantendrá durante la vida útil del pavimento.

Tabla 1.2: Clase exigible a los suelos en función de su localización

Localización y características del suelo	Clase
Zonas interiores secas	1
-superficies con pendiente menor que el 6%	2
-superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	
Zonas interiores húmedas, tales como las entradas a los edificios desde el espacio exterior⁽¹⁾, terrazas cubiertas, vestuarios, baños, aseos, cocinas, etc.	
-superficies con pendiente menor que el 6%	2
-superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	3
Zonas exteriores. Piscinas⁽²⁾. Duchas	3
⁽¹⁾ Excepto cuando se trate de accesos directos a zonas de <i>uso restringido</i> .	
⁽²⁾ En zonas previstas para usuarios descalzos y en el fondo de los vasos, en las zonas en las que la profundidad no exceda de 1,50 m.	

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

Además la norma **UNE EN 15534-4:2014 – Compuestos a base de materiales de celulosa y de termoplásticos [comúnmente llamados compuestos de madera-plástico (WPC) o compuestos de fibra natural (NFC)]** aplica a perfiles extruidos pero también a baldosas fabricadas por otras técnicas de procesamiento de plásticos, por ejemplo, moldeado por inyección, y cuyo requisito para el ensayo del péndulo según CEN/TS 15676, es que el valor del péndulo ≥ 36 , en cuyo caso todos los perfiles desarrollados cumplirían con el requisito especificado.

DURABILIDAD AL ENVEJECIMIENTO Y LA HUMEDAD

1.5 ENVEJECIMIENTO ARTIFICIAL, QUV.

Tabla 25. Resultados promedio de la variación de brillo de las muestras tras diferentes periodos de exposición

Variación de BRILLO	Muestra	168h			1008h		
		$\Delta 20^\circ$	$\Delta 60^\circ$	$\Delta 85^\circ$	$\Delta 20^\circ$	$\Delta 60^\circ$	$\Delta 85^\circ$
	WPF-PM-01	0,4	0,9	-1,0	0,7	1,1	-1,6
	WPC 1	0,5	1,8	1,0	1,0	2,3	1,1
	WPC 2	0,6	2,0	1,2	0,9	2,3	0,9
	WPC 3	0,5	2,0	1,4	0,9	2,3	1,1
	WPC 4	0,5	2,2	1,8	1	3	1
	WPC 5	0,4	1,2	0,3	0,9	1,7	0,2

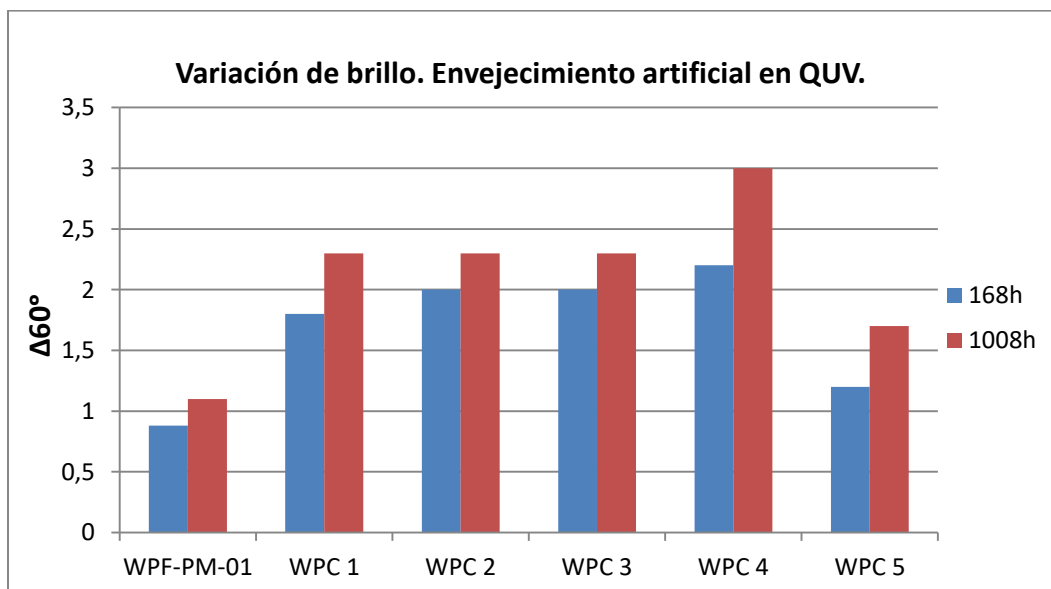


Figura 22. Representación de la variación de brillo a 60° de las muestras tras diferentes periodos de exposición.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

Tabla 26. Resultados promedio de la variación de las coordenadas cromáticas de las muestras tras diferentes periodos de exposición y de la diferencia de color total

	168h	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE
Variación de COLOR	WPF-PM-01	21,30	-1,89	0,83	21,40
	WPC 1	-25,91	4,65	2,48	26,44
	WPC 2	-26,17	4,68	2,62	26,72
	WPC 3	-25,87	4,38	1,44	26,28
	WPC 4	-23,16	4,60	3,36	23,85
	WPC 5	-16,61	3,83	1,57	17,12
	1008h	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE
	WPF-PM-01	45,17	-5,14	-3,06	45,56
	WPC 1	-45,77	7,29	10,23	47,47
	WPC 2	-46,19	7,49	10,56	47,97
	WPC 3	-47,46	7,27	9,02	48,85
	WPC 4	-44,51	7,57	10,89	46,44
	WPC 5	-45,63	6,97	9,20	47,07

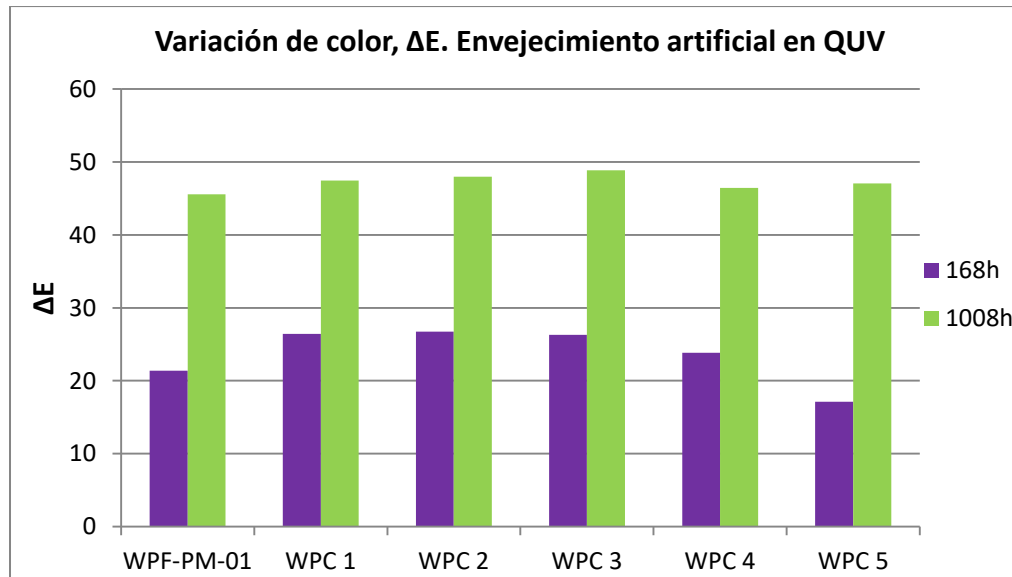


Figura 23. Representación de la diferencia de color total en las muestras tras diferentes periodos de exposición.

Después de someter los perfiles al test de envejecimiento artificial se ha observado que el color ha variado de manera significativa, ha pasado de marrón a blanco. Este hecho demuestra que el aditivo

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

UV no ha protegido el perfil de las condiciones extremas del ensayo, las cuales simularía el comportamiento del material en el exterior a lo largo del tiempo.

Durante el proceso de extrusión para producir los perfiles WPC, se ha observado un residuo blanquecino en el agua de enfriado. Puede ser un desprendimiento del aditivo UV por falta de compatibilidad con el resto de componentes de la formulación o porque la mezcla no es correcta. Esta puede ser una de las causas por la cual los resultados del ensayo de envejecimiento no han sido satisfactorios.

Siendo mas notable en la muestra WPC 4 la diferencia de la variación de brillo entre las 168 h y 1008 h.



Figura 24. Equipamiento de envejecimiento artificial con lámparas UV, QUV.



Figura 25. Muestras WPC tras 168 h de envejecimiento artificial.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

1.6 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

Tabla 27. Resultados promedio de la conductividad termica de las diferentes formulaciones WPC.

Producto	Nº de medida	Tiempo (s)	Potencia (ω)	Conductividad térmica (W/m K)	Conductividad térmica media
WPF-PM-01	1	30	0,25	0,201	0,169
	2	30	0,25	0,140	
WPC 1	1	30	0,25	0,196	0,196
	2	30	0,25	0,195	
WPC 2	1	30	0,25	0,186	0,191
	2	30	0,25	0,196	
WPC 3	1	30	0,25	0,185	0,189
	2	30	0,25	0,192	
WPC 4	1	30	0,22	0,227	0,230
	2	30	0,22	0,233	
WPC 5	1	30	0,25	0,19	0,195
	2	30	0,25	0,199	

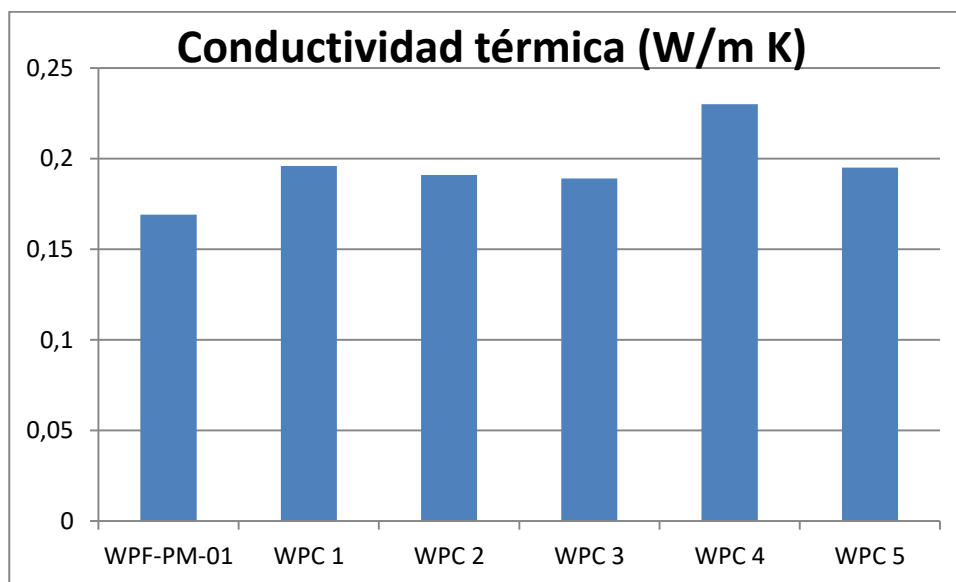


Figura 26. Representación grafica de los valores de conductividad térmica de las muestras de WPC.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

El mejor resultado de conductividad térmica (**tabla 27; figura 24**) se obtuvo para muestras de WPC 4 y el peor para WPC 3. Sin embargo, los valores de conductividad de las 5 formulaciones difieren muy poco entre sí, especialmente entre las formulaciones 1, 2, 3 y 5.

La conductividad térmica está directamente relacionada con la composición polimérica de los productos WPC. Es interesante remarcar que las 5 formulaciones fabricadas contienen los mismos tipos de compuestos de HDPE y de harina de madera en sus matrices poliméricas y celulósicas, con ligeras variaciones en la cantidad del HDPE empleado, del retardante de llama APP y del aditivo UV. Esto explica la poca diferencia de conductividad térmica existente entre los distintos tipos de formulación, debido a esto si que se observa una merma significativa con la probeta original WPF-PM-01, probablemente a que carece de aditivo UV.



Figura 27. Muestras WPC y colocación del termopar para ensayar la conductividad térmica de las distintas probetas formuladas.

1.7 DILATACIÓN TÉRMICA LINEAL

Tabla 28. Resultados coeficiente de expansión lineal muestras WPC.

	CLTE promedio (°C-1)				
	WPC 1	WPC 2	WPC 3	WPC 4	WPC 5
Longitudinal	8,470E-05	7,160E-05	7,790E-05	6,560E-05	1,907E-04
Transversal	1,523E-04	1,410E-04	1,447E-04	1,587E-04	9,770E-05
Espesor	1,776E-04	1,739E-04	1,410E-04	1,736E-04	1,515E-04
Media	1,38E-04	1,29E-04	1,21E-04	1,33E-04	1,47E-04
Desviación estándar	4,803E-05	5,222E-05	3,754E-05	5,853E-05	4,669E-05

Los valores de expansión lineal obtenidos para los 5 tipos de probetas tienden hacia los valores de material HDPE. La mayor variación en la expansión longitudinal se produjo en la muestra WPC 5, siendo esta muestra la de menor CLTE trasversal. Sin embargo, el mayor CLTE promedio

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

trasversal se dio en la muestra WPC4 siendo esta la de menor CLTE longitudinal. El mayor CLTE en espesor se produjo en la muestra WPC1.



Figura 28. Equipo TMA utilizado para medir la dilatación térmica lineal de las 5 formulaciones.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

1.8 FTIR DE COMPONENTES DE WPC+:

Se realizó una investigación adicional de los componentes presentes en los prototipos para buscar una explicación a los resultados anómalos. Para ello, Se obtuvieron los siguientes espectros FTIR

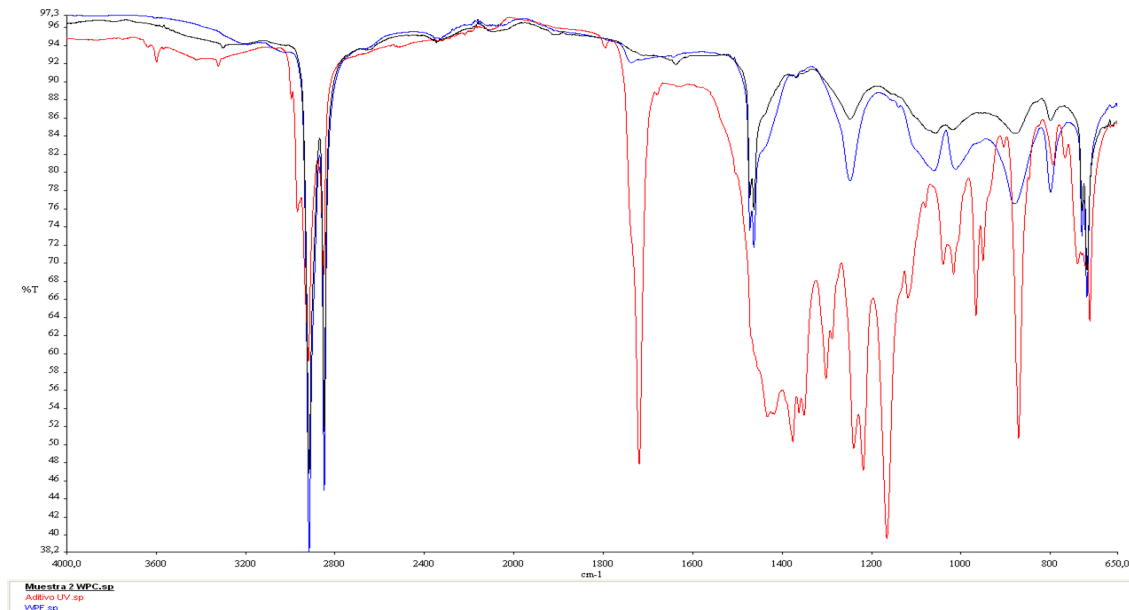


Figura 29. Comparativa IR pelets WPF, WPC+ y aditivo ignífugo.

Las muestras del proyecto WPC+ se han aditivado a un 2% de UV (20% UV, 10% antioxidante y el resto cargas). En cambio, las muestras del anterior proyecto WPF no tenían este aditivo.

El aditivo UV presenta picos característicos alrededor de 3000 cm⁻¹, que se solapan con las señales de WPF y WPC+, y otro pico a 1700 cm⁻¹, correspondiente a un carbonilo, y el cual no tienen solapes con las señales de las muestras de los materiales de los proyectos.

Se compara la muestra del material del proyecto WPF, WPC + y el ignífugo APP.

1.9 DURABILIDAD A LOS AGENTES BIOLÓGICOS

Se utilizaron de cada uno de los 5 tipos de muestra formulada, ocho probetas como probetas de ensayo y ocho probetas para el control de humedad. Las dimensiones de las mismas cumplían con el apartado 6.1.2 de la Norma EN ISO 178:2010 (80 mm x 10 mm x 4 mm), tal y como dicta la modificación mencionada en la norma UNE-EN 15534-1:2014+A1:2018 del apartado 6.2 de la Norma Experimental ENV 12038:2002. Se utilizaron 20 probetas de madera de albura de pino silvestre

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

(*Pinus sylvestris* L.) y 10 probetas de haya (*Fagus sylvatica* L.) para realizar el ensayo de control de virulencia de los hongos utilizados. Las probetas de pino se ensayaron con *Gloeophyllum trabeum* y *Coriolus versicolor*, y las de haya con *Coniophora puteana*.

Tabla 29. Resumen de los resultados obtenidos en el ensayos de control de humedad de las probetas para las 5 formulaciones del material WPC.

		Perfil WPC 1	Perfil WPC 2	Perfil WPC 3	Perfil WPC 4	Perfil WPC 5
Humedad (%)	<i>Coniophora puteana</i>	18,49	32,7	28,91	19,02	25,26
	<i>Coriolus versicolor</i>	17,25	35,19	32,29	21,8	26,55
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	19,05	34,59	39,19	20,88	29,44

Tabla 30. Resumen de los resultados obtenidos en el ensayos de pérdida de masa de las probetas para las 5 formulaciones del material WPC.

		Perfil WPC 1	Perfil WPC 2	Perfil WPC 3	Perfil WPC 4	Perfil WPC 5
Pérdida de masa (%)	<i>Coniophora puteana</i>	6,54	8,05	5,7	3,74	3,93
	<i>Coriolus versicolor</i>	6.83	8,16	7	5,34	3,4
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	8.13	7,81	7,95	5,48	4,02

En la **tabla 30** se muestran los resultados del control de humedad de las probetas una vez terminado el ensayo de virulencia. Para ello en este ensayo se utilizaron los tres hongos; *Coniophora puteana*, *Coriolus versicolor* y *Gloeophyllum trabeum*. En el caso de *C. versicolor* se obtuvieron resultados válidos de pérdida de masa de madera de haya por encima del 20%. Por otro lado, a pesar de que la pérdida de masa producida por *G. trabeum* en las probetas de pino de control de virulencia no llegaron al mínimo exigido por la norma, obtuvieron valores cercanos al 20%. Por lo tanto, los resultados de esta última especie de hongo no se consideran determinantes; pero si se trataría de ensayos preparatorios con valores aproximados y cercanos a la validez. En cuanto a los resultados de

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

ensayos de virulencia obtenidos para *C. puteana* no llegan al mínimo exigido, por lo que no son definitivos.

Los resultados del contenido de humedad de las distintas probetas ensayadas para cada perfil. Los resultados obtenidos de probetas contaminadas se rechazaron. Además, en condiciones normales se rechazarían aquellas probetas cuya humedad fuese menor del 25%. Esto afectaría a los perfiles WPC 1 y WPC 4. Sin embargo al tratarse de materiales con alrededor de un 60% de HDPE y 22% de madera podría considerarse como material ligeramente hidrófugo, lo cual resulta como excepción en la norma.

1.9.1 DURABILIDAD A LOS AGENTES BIOLÓGICOS. ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LOS HONGOS BASIDIOMICETOS XILÓFAGOS

Hongo de ensayo	Pérdida de masa media %					
	WPF-PM-01	WPC 1	WPC 2	WPC 3	WPC 4	WPC 5
<i>Coniophora puteana</i> BAM 15	1,6	6,54	8,05	5,7	3,74	3,93
<i>Gloeophyllum trabeum</i> BAM 109	0,9	6,83	8,16	7	5,34	3,4
<i>Coriolus versicolor</i> CTB 863 A	0,7	8,13	7,81	7,95	5,48	4,02

Tabla 31. Resumen de los resultados obtenidos en los ensayos de control de humedad de las probetas para las 5 formulaciones del material WPC y la muestra inicial WPF-PM-01

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

Hongo de ensayo	Pérdida de humedad media %				
	WPC 1	WPC 2	WPC 3	WPC 4	WPC 5
<i>Coniophora puteana</i> BAM 15	18,49	32,7	28,91	19,02	25,26
<i>Gloeophyllum trabeum</i> BAM 109	17,25	35,19	32,29	21,8	26,55
<i>Coriolus versicolor</i> CTB 863 A	19,05	34,59	39,19	20,88	29,44

Tabla 32. Resumen de los resultados obtenidos en el ensayos de pérdida de masa de las probetas para las 5 formulaciones del material WPC

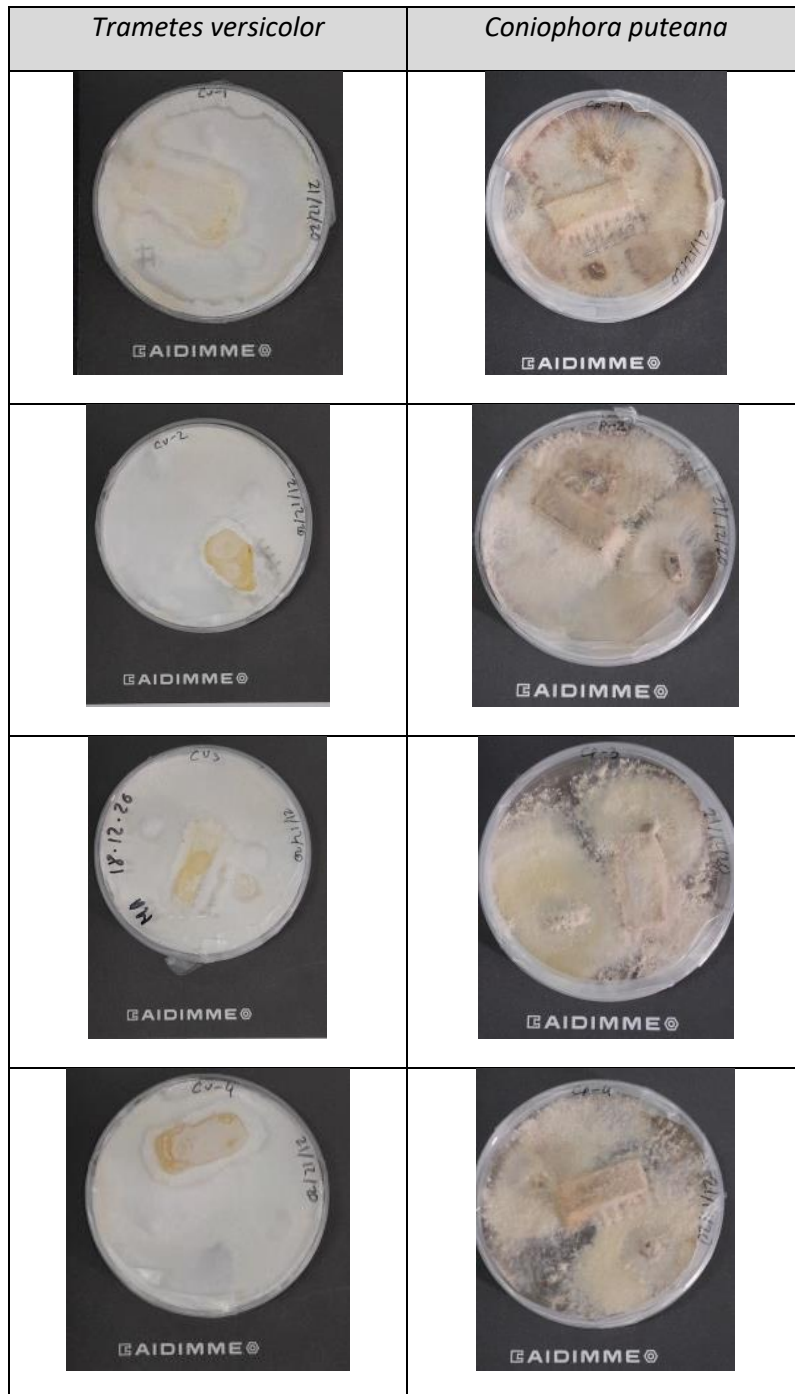
Los resultados obtenidos para los diferentes perfiles difieren en cuanto al contenido de humedad de la siguiente manera:

- La muestra WPC 2 el que más humedad contenía tras el ensayo (tabla 39), además de ser el que más pérdida de masa ha sufrido (tabla 38) este tipo de formulación sería la menos resistente a simple vista al ataque biológico.
- El perfil más resistente a simple vista y por lo tanto el que menor pérdida de masa sufre de manera general para todos los hongos es el WPF-PM-01 pero de las nuevas formulaciones es el WPC 5, sin embargo es el perfil WPC 1 el que menor porcentaje de humedad contiene.

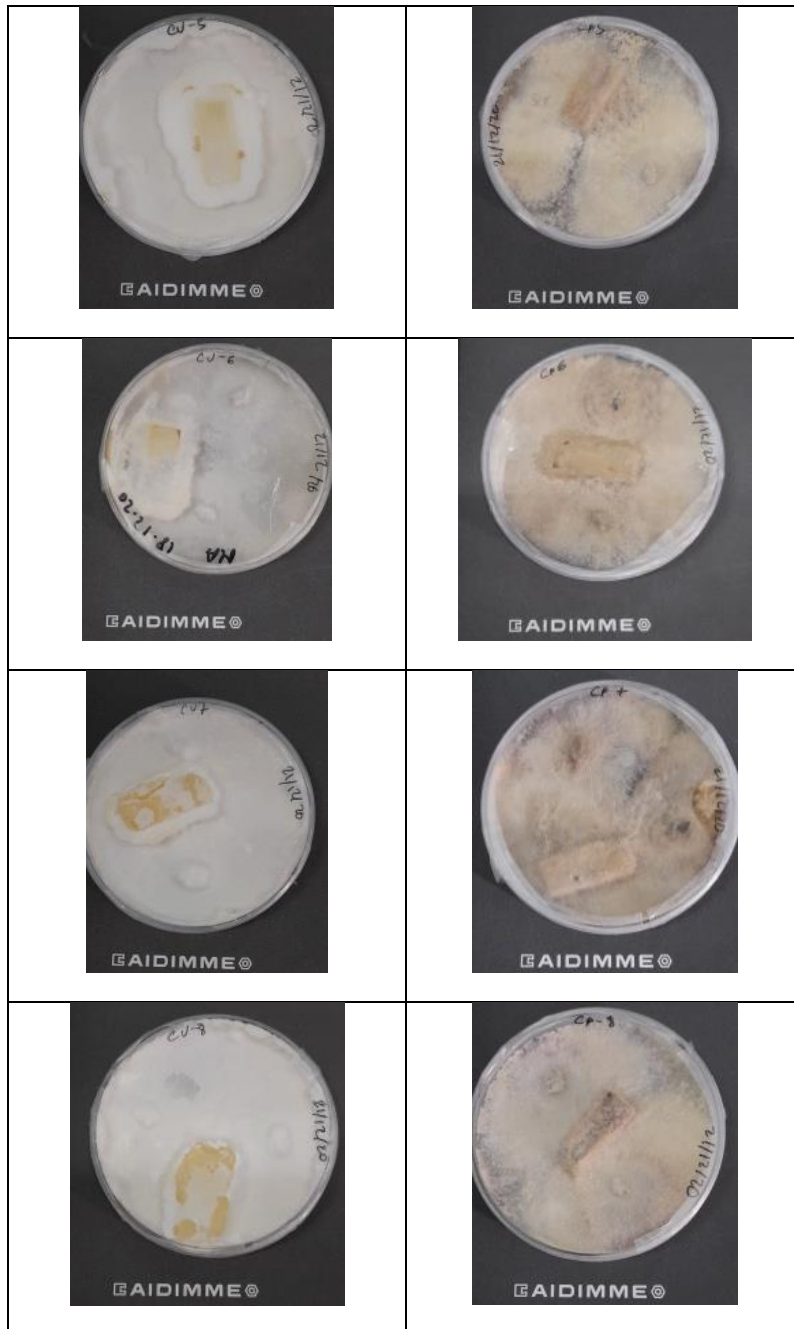
Asimismo, las distintas cepas fúngicas utilizadas actuarían de manera más o menos similar en los diferentes perfiles, de manera que:

- *Gloeophyllum trabeum* es el hongo que más pérdida de masa ocasiona respecto al resto de hongos en los perfiles WPC 1, WPC 3, WPC 4 y WPC 5.
- *Coriolus versicolor* es el que más pérdida de masa ocasiona en el perfil WPC 2, coincidiendo este máximo con el máximo de humedad para ambas especies de hongo.
- *Coniophora puteana* sería la especie que menor pérdida de masa produciría en los perfiles WPC 1, WPC 3 y WPC 4, además, fue también el que menos humedad produjo en los perfiles WPC 2, WPC 3, WPC 4 y WPC 5. Este último hecho se explicaría por la falta de virulencia de esta cepa fúngica.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego



“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego



“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego



Figura 30 Imágenes de las probetas con el hongo de ensayo de virulencia de Coriolus versicolor y Coniophora puteana.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

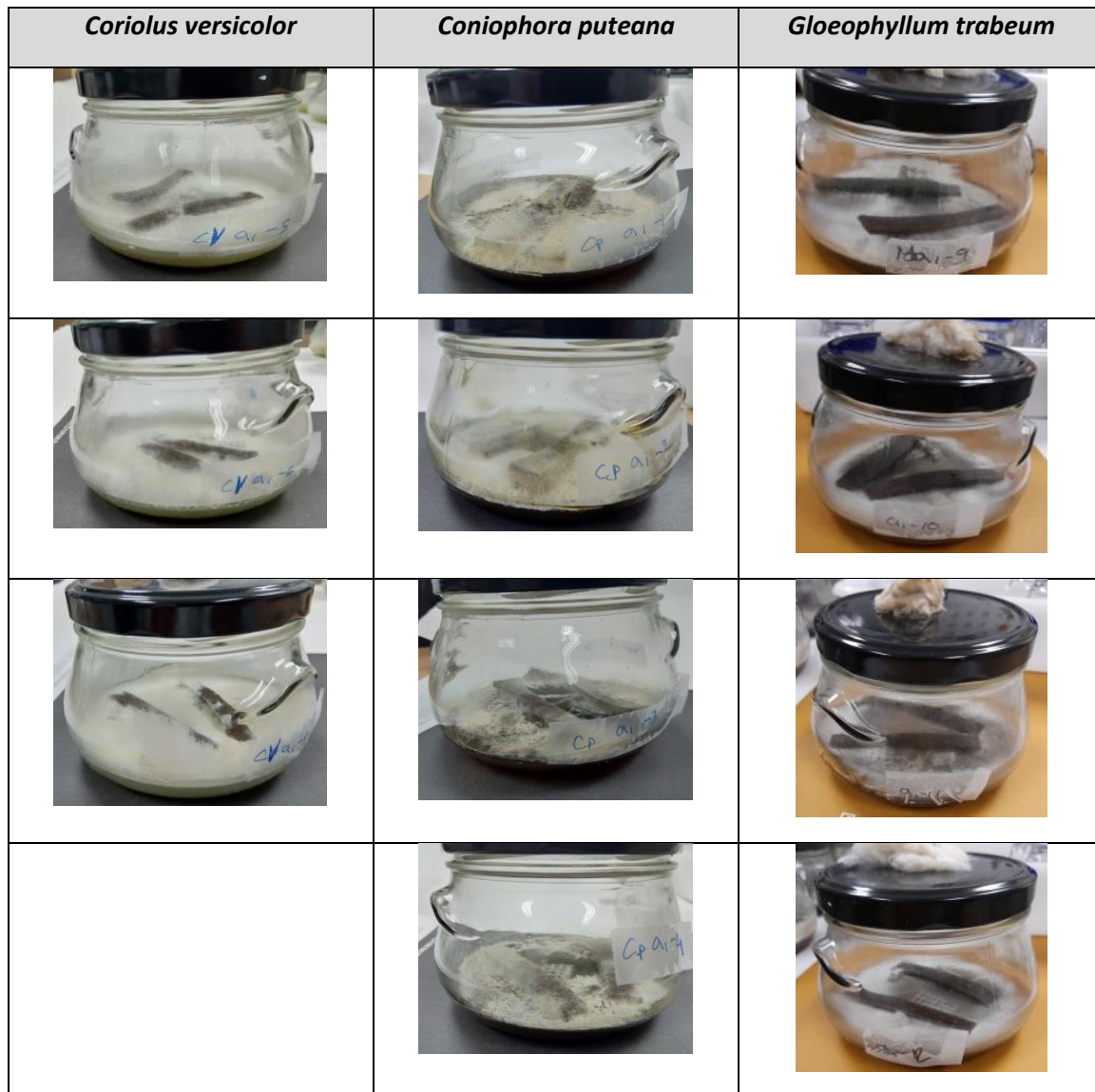


Figura 31. Estado final de las probetas WPC 1 y los hongos crecidos sobre ellas tras las 16 semanas de ensayo.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

1.9.2 ENSAYOS MECÁNICOS. PÉRDIDA DE FLEXIÓN

- Valores iniciales (UNE EN ISO 178)

Probetas sin proceso de degradación

CARACTERÍSTICA	WPC 1	WPC 2	WPC 3	WPC 4	WPC 5
Resistencia a la flexión (N/mm ²) σ_i	24,72 (1,13)	24,16 (0,82)	19,88 (0,67)	26,82 (0,43)	20,04 (0,53)
Módulo de elasticidad (N/mm ²) E_i	1300 (135)	1424 (95)	1058 (110)	1348 (79)	853 (37)

Probetas control de la humedad.

CARACTERÍSTICA	WPC 1	WPC 2	WPC 3	WPC 4	WPC 5
Resistencia a la flexión (N/mm ²) σ_m	24	19,25 (0,35)	16,2	26,4	9,0
Módulo de elasticidad (N/mm ²) E_m	912	874 (220)	907	1390	225

- Valores de ensayo

AGENTE BIOLÓGICO	<i>Coriolus versicolor</i>				
CARACTERÍSTICA	WPC 1	WPC 2	WPC 3	WPC 4	WPC 5
Resistencia a la flexión (N/mm ²) σ_d	19,33 (4,04)	14,23 (1,42)	15,50 (1,41)	23,00 (5,66)	18,33 (3,88)
Módulo de elasticidad (N/mm ²) E_d	798 (8,18)	803 (349,31)	804 (149,20)	1340 (155,56)	938 (159,10)

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

AGENTE BIOLÓGICO	<i>Coniophora puteana</i>				
CARACTERÍSTICA	WPC 1	WPC 2	WPC 3	WPC 4	WPC 5
Resistencia a la flexión (N/mm ²) σ_d	22,53 (3,69)	17,13 (3,57)	15,50 (0,28)	25,75 (3,30)	19,57 (4,85)
Módulo de elasticidad (N/mm ²) E_d	925 (189,90)	906 (381,93)	755 (21,92)	1385 (463,73)	512 (233,50)

AGENTE BIOLÓGICO	<i>Gloeophyllum trabeum</i>				
CARACTERÍSTICA	WPC 1	WPC 2	WPC 3	WPC 4	WPC 5
Resistencia a la flexión (N/mm ²) σ_d	18,13 (3,70)	20,50 (1,29)	16,33 (0,76)	20,50 (3,63)	13,15 (3,60)
Módulo de elasticidad (N/mm ²) E_d	784 (12,72)	1036 (150,69)	673 (20,55)	956 (99,57)	701

*Nota: Entre paréntesis se indica la desviación estándar de todas las probetas ensayadas.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

- **Pérdida de características de flexión**

Porcentaje pérdida de MOR (Resistencia a la flexión)

CARACTERISTICA	WPC 1	WPC 2	WPC 3	WPC 4	WPC 5
Pérdida provocada por la humedad. σ_{fm} (%)	2,9	20,3	18,5	1,6	55,1
Pérdida provocada por el proceso de degradación. σ_{fd} (%)					
- Agente biológico: <i>Coriolus versicolor</i>	21,8	41,1	22,0	14,2	8,5
- Agente biológico: <i>Coniophora puteana</i>	8,9	29,1	17,0	4,0	2,4
- Agente biológico: <i>Gloeophyllum trabeum</i>	26,7	15,1	17,8	23,6	34,4
Pérdida provocada por los hongos. σ_{ff} (%)					
- Agente biológico: <i>Coriolus versicolor</i>	18,9	20,7	3,5	12,7	-46,6
- Agente biológico: <i>Coniophora puteana</i>	6,0	8,8	-1,5	2,4	-52,7
- Agente biológico: <i>Gloeophyllum trabeum</i>	23,8	-5,2	-0,7	22,0	-20,7

Porcentaje pérdida de MOE (Módulo de elasticidad)

CARACTERISTICA	WPC 1	WPC 2	WPC 3	WPC 4	WPC 5
Pérdida provocada por la humedad. E_{fm} (%)	29,8	38,6	14,3	-3,1	73,6
Pérdida provocada por el proceso de degradación. E_{fd} (%)					
- Agente biológico: <i>Coriolus versicolor</i>	38,6	43,6	24,1	0,6	-9,9
- Agente biológico: <i>Coniophora puteana</i>	28,9	36,4	28,7	-2,8	-39,9
- Agente biológico: <i>Gloeophyllum trabeum</i>	39,7	27,2	36,4	29,1	17,8

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

Pérdida provocada por los hongos. E _{ff} (%)					
- Agente biológico: <i>Coriolus versicolor</i>	8,8	5,0	9,8	3,7	-83,5
- Agente biológico: <i>Coniophora puteana</i>	-0,9	-2,2	14,4	0,4	-33,7
- Agente biológico: <i>Gloeophyllum trabeum</i>	9,8	-11,4	22,1	32,2	-55,8

Las conclusiones obtenidas tras el análisis de los resultados en los diferentes perfiles desarrollados de WPC son las siguientes:

- Para el perfil WPC 1 se observa que el hongo *Coniophora puteana* no afecta a la pérdida de resistencia a la flexión sino es la humedad la que más está afectando a la pérdida del MOR. En cambio parece ser que los hongos *Coriolus versicolor* (en menor medida) y *Gloeophyllum trabeum* sí están afectando a la pérdida del MOR.
- La misma situación se encuentra en los resultados del MOE, aunque principalmente es la humedad la que está afectando y no tanto el proceso de degradación de los hongos.
- En la muestra WPC 2 se observa como el proceso de degradación del hongo *Coriolus versicolor* es el que más está afectando a la pérdida principalmente del MOR. El resto de agentes biológicos no afectan a la pérdida de ambos parámetros, siendo la humedad la que cobra protagonismo en la merma de los valores de MOR y MOE.
- Los resultados obtenidos en el perfil WPC 3 como los hongos no están afectando a la pérdida de resistencia del MOR, sino es la humedad la que mayor incidencia presenta en este módulo. En cambio los valores de pérdida MOE sí se encuentran afectados por la acción de los hongos, lo que no presenta mucha correlación con los resultados de pérdida de MOR. Estas diferencias se deben a la elevada dispersión de los datos, lo cual no permite sacar conclusiones ni para resultados obtenidos de MOR ni de MOE.
- Los resultados observados en la muestra WPC 4 En este material la pérdida de MOR y MOE sí procede del proceso de degradación de los hongos, ya que en este caso la humedad no parece intervenir en los valores de estos parámetros
- La pérdida de los valores de MOR y MOE del perfil número 5 procede de la acción de la humedad, y no de los hongos, sobre el material durante todo el período de incubación.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

7 PT.6 COMPROBACIÓN DE PROTOTIPOS Y ANÁLISIS DE PATENTE.

Este paquete de trabajo tenía un doble objetivo:

- Realizar una comparativa y discusión de resultados de los prototipos desarrollados en el proyecto WPC+ en el marco de la normativa de marcado CE de caracterización de los productos WPC según su uso final.
- Realizar un estudio de viabilidad de la presentación de una patente de la formulación desarrollada en el proyecto.

Se pueden consultar más detalles en el entregable 5.

7.1 Comprobación de prototipos.

Se ha analizado de los resultados de caracterización físico-mecánica y comportamiento frente al fuego de los nuevos prototipos WPC+ para determinar qué usos finales puede alcanzar el nuevo producto WPC desarrollado, teniendo en cuenta los requisitos de la norma de marcado CE para productos WPC.

Tras la celebración de varias reuniones el grupo de trabajo, se ha realizado una búsqueda de documentación técnica de productos WPC en el mercado actual. Se han analizado más de 30 fichas técnicas como se puede apreciar en la captura de pantalla de la figura 1.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

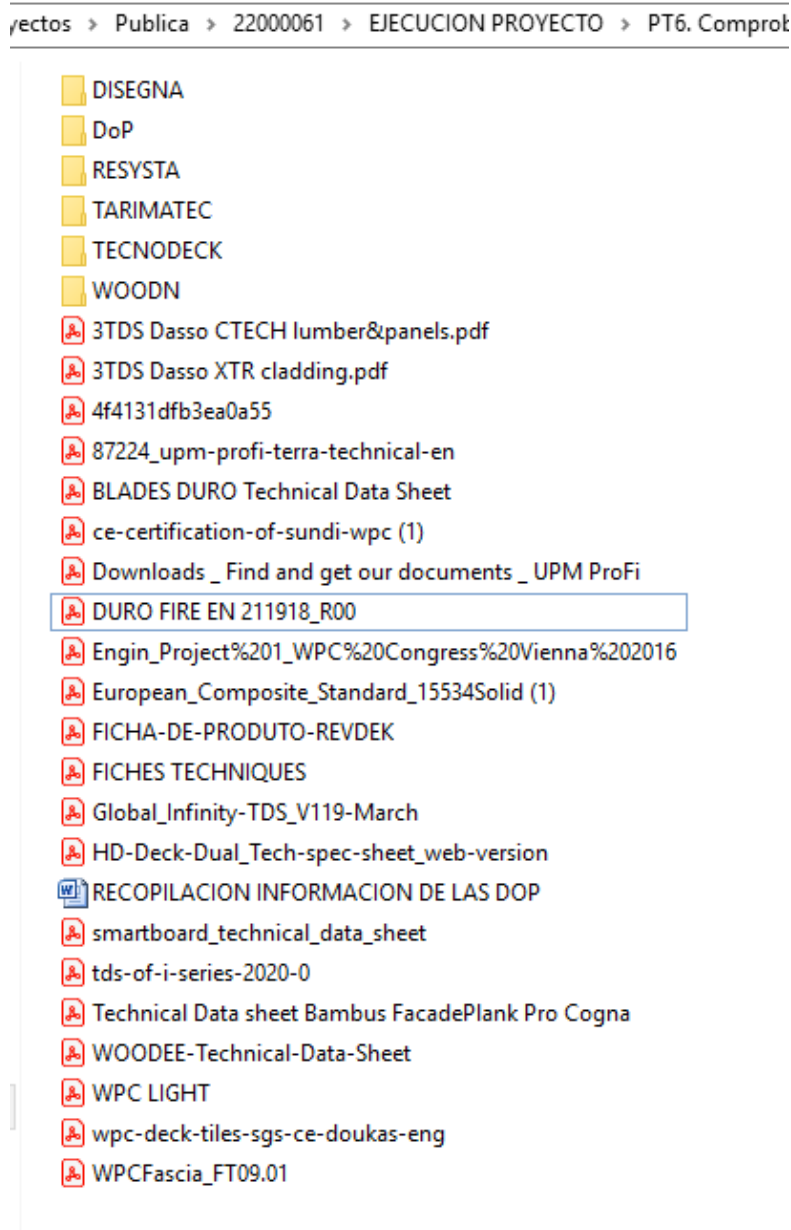


Figura 32. Fichas técnica de productos reales de WPC

Tras un análisis exhaustivo de la documentación técnica, destacamos los siguientes aspectos:

- En la mayoría de las fichas técnicas no se menciona la normativa de marcado CE de los productos WPC (EN 15534)



GENERALITAT
VALENCIANA



I+D+i VACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

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

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

- Ninguna ficha técnica es lo suficientemente completa como para poder definir su uso según la norma de marcado CE
- No se define el uso final del producto WPC.
- No existe una homogeneidad en la caracterización de los productos WPC. Cada fabricante declara libremente las propiedades a su conveniencia.
- En muy pocas fichas técnicas se menciona el comportamiento frente al fuego.

Por lo tanto podemos concluir que hay que realizar una importante labor de concienciación a los fabricantes de este tipo de productos para que marquen sus productos correctamente con la normativa de marcado CE que les corresponde. A su vez, consideramos que sería de gran utilidad el que plataformas de construcción, y asociaciones de fabricantes de composites promovieran la difusión de la normativa correspondiente para familiarizar al usuario final.

7.2 Patente de la formulación desarrollada en el proyecto

7.2.2 Búsqueda bibliográfica de patentes

Tras la celebración de varias reuniones del equipo de trabajo de la presente tarea, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Empleo de la plataforma de la Oficina de Patentes Europeas.
- Realizar búsqueda bibliográfica con el siguiente criterio de búsqueda:

Criterio de búsqueda: (cl all "C08L2205/00" OR cl all "C08L97/02" OR cl all "C08L23/00" OR cl all "C08J9/00" OR cl all "C08J2397/00" OR cl all "B27N3/00" OR cl all "B27N5/02") AND cl all "C08L2201/02" AND (ctxt all "recycled wood" OR ctxt all "sawdust" OR ctxt all "wood flour" OR ctxt all "High-density polyethylene" OR ctxt all "HPDE")

Criterio de búsqueda: wood plastic composite cellulose high density polyethylene fire flour extrusion

7.2.3 Plataforma Espacenet

Como se ha mencionado anteriormente, se ha trabajado con la base de datos de la Oficina Europea de Patentes.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

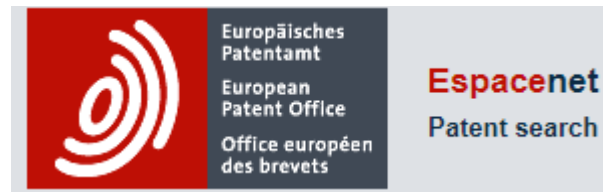


Figura 33. Logotipo de la Oficina Europea de Patentes

Siguiendo los criterios mencionados, se obtiene una cantidad abordable de patentes de 374. Anteriormente se realizaron diversas búsquedas, incluyendo otras palabras clave, pero el elevado número de resultados hacía inviable su análisis.

7.2.4 Resultados obtenidos

En la figura 3 podemos observar una imagen de la pantalla típica de resultados obtenidos.

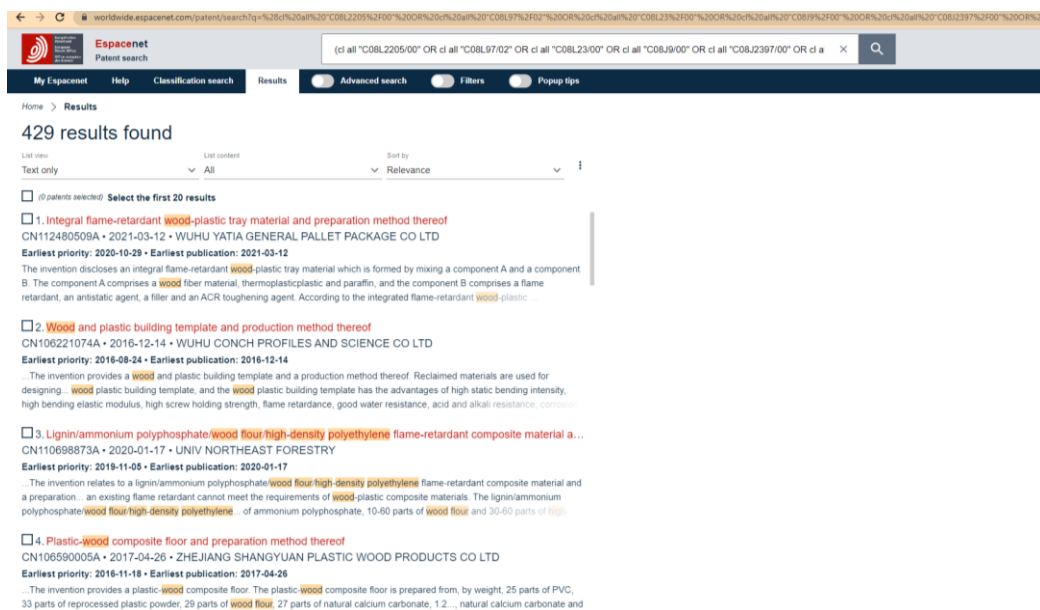


Figura 34. Pantalla de resultados de la plataforma Espacenet.

Posteriormente se ha analizado una por una cada una de las **374 patentes**, para determinar si eran relevantes a la hora de tenerlas en cuenta para poder presentar una futura patente AIDIMME. En la figura 4 se ilustra una captura de pantalla de una de las patentes analizadas.

“WPC+” – Mejora de la formulación de materiales compuestos de madera y plástico (WPC) para incrementar las propiedades físico-mecánicas sin mermar sus prestaciones frente al fuego

7.2.5 Valoración necesidad de patente

Teniendo en cuenta todos los datos presentados en este entregable, se ha llegado a la conclusión que es necesario el ajuste de la formulación para resolver ciertos aspectos de durabilidad a los agentes atmosféricos y la posible variabilidad del proceso de fabricación debido a la humedad de los materiales de partida, antes de iniciar el proceso de presentación de una patente. No obstante, el trabajo realizado en estas tareas es de suma importancia para saber los pasos a seguir para poder realizar este proceso en el futuro.