

ENTREGABLE PROYECTOS— 2024-2025

**DESARROLLO DE SUPERFICIES ACTIVAS FRENTE A MICROORGANISMOS
PATÓGENOS NOSOCOMIALES MEDIANTE BIOCIDAS SINÉRGICOS
“SYNERGY”**

Entregable: E3.2. Validación y transferencia de los resultados.

Programa: Proyectos de I+D en colaboración con empresas

Número de proyecto: 22400047

Expediente: IMDEEA/2024/70

Duración: 01/06/2024 – 30/09/2025

Coordinado en AIDIMME por: IBIZA PALACIOS, DRA. MARIA DE SALES

ÍNDICE

OBJETIVO	1
1. INTRODUCCIÓN, ALCANCE Y PROPÓSITO DEL ENTREGABLE	2
1.1. METODOLOGÍA Y RESULTADOS ALCANZADOS.....	2
2. ACCIONES DE VALIDACIÓN.....	5
2.1. ACCIONES DE VALIDACIÓN EN AIDIMME	5
RESULTADO 1. OBTENCIÓN DE EXTRACTOS NATURALES ENCAPSULADOS ANTIMICROBIANOS FRENTE A MICROORGANISMOS NOSOCOMIALES.	5
RESULTADO 2. OBTENCIÓN DE SINERGIAS ENTRE EXTRACTOS NATURALES Y BIOCIDAS SINTÉTICOS FRENTE A MICROORGANISMOS NOSOCOMIALES	7
RESULTADO 3. FORMULACIÓN DE APLICACIONES ADITIVADAS MEDIANTE COMBINACIONES SINÉRGICAS ENTRE EXTRACTOS NATURALES Y BIOCIDAS SINTÉTICOS	19
RESULTADO 4. CORRECTA APLICABILIDAD DEL RECUBRIMIENTO DESARROLLADO CON LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS DE COMPATIBILIDAD	20
2.2. ACCIONES DE VALIDACIÓN EN EMPRESAS COLABORADORAS	22
RESULTADO 3. FORMULACIÓN DE APLICACIONES ADITIVADAS MEDIANTE COMBINACIONES SINÉRGICAS ENTRE EXTRACTOS NATURALES Y BIOCIDAS SINTÉTICOS	22
RESULTADO 4. VALIDACIÓN DE LA CORRECTA APLICABILIDAD DEL RECUBRIMIENTO DESARROLLADO CON LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS DE COMPATIBILIDAD	30
3. EXPLOTABILIDAD	38
3.1. CONCLUSIONES DE LA VALIDACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA	38
3.2. HOJA DE RUTA DE RESULTADOS.	41
4. CONCLUSIONES	42

OBJETIVO

El propósito del presente documento es la identificación de las estrategias necesarias para abordar la futura explotación y transferencia de los resultados de investigación identificados en el proyecto SYNERGY de nº expediente IMDEEA/2024/70, subvencionado a través del IVACE, financiado por la UE dentro del Programa FEDER de la Comunitat Valenciana 2021-2027.

El presente entregable identifica los elementos clave en la transferencia de los diferentes resultados alcanzados y finalmente se estructura como una guía diseñada para dirigir en el corto, medio y largo plazo, los esfuerzos de AIDIMME en la línea de I+D representada por el proyecto.

1. INTRODUCCIÓN, ALCANCE y PROPÓSITO DEL ENTREGABLE

En el proyecto SYNERGY se han obtenido extractos naturales encapsulados con actividad antimicrobiana frente a organismos nosocomiales identificando, asimismo sinergias entre dichos extractos naturales y los biocidas sintéticos, potenciando de un modo significativo su eficacia frente a estos microorganismos. A partir de estas combinaciones sinérgicas se han formulado soluciones estables que, tras aditivarse, se han aplicado sobre los productos de las empresas colaboradoras destinados a su uso en espacios sanitarios.

El propósito de acciones de transferencia de los resultados en el proyecto SYNERGY ha sido exponer tanto los resultados finales obtenidos (recubrimiento antimicrobiano destinado a su aplicación sobre mobiliario sanitario acabado y a la reducción de la transmisión de infecciones relacionadas con la asistencia sanitaria), como los procesos desarrollados para su obtención, y comprobar la validez de los diferentes procesos y productos alcanzados en condiciones - parcialmente- asimilables a las reales.

En tanto las empresas participantes en el proyecto pueden estar interesadas tanto en la utilización – las empresas fabricantes de mobiliario - como en la explotación del recubrimiento como sería el caso de las empresas fabricantes de recubrimientos, este entregable las hace partícipes de los procesos de validación y evaluación de las soluciones alcanzadas, desde puntos de vista de desarrollo, de aplicación, técnicos, comerciales, etc.

1.1. METODOLOGÍA Y RESULTADOS ALCANZADOS

El proceso de transferencia se basa en la especificación detallada del alcance del concepto, de la tecnología, de los resultados alcanzados, así como la evaluación de los factores determinantes en su puesta en producción/mercado: aspectos relacionados con la calidad, normativas, gestión de material, estimaciones económicas, etc.

En la presente tipología de proyectos, es clave el papel de las empresas colaboradoras en la articulación de este plan de transferencia, y AIDIMME aborda esta colaboración a través de tres componentes

- COMUNICACIÓN.
 - Plan de ejecución del proyecto subvencionado (lista de paquetes de trabajo y su plazo de ejecución)
 - Hitos y plazos
 - Recursos materiales y humanos, así como presupuesto asociado
- PARTICIPACIÓN EFECTIVA
 - Definición de criterios de éxito: estimación cuantitativa de etapas hasta alcanzar objetivo marcado, anticipar rendimientos, etc.
 - Identificación de riesgos
 - Recepción de resultados transferibles
- VALIDACIÓN

- Desarrollo de experiencias de validación.
- Definición de estructura y pauta de escalado deseable.
- Incorporación de factores comerciales y de carácter regulatorio.

La transferencia de tecnología comienza con un acuerdo formalizado entre AIDIMME y un conjunto de empresas industriales de la Comunidad Valenciana, en las que se ha detectado la aplicabilidad de los resultados del proyecto y que, por tanto, forman el grupo al que se dirigirá inicialmente la transferencia. Este acuerdo es el documento denominado “Declaración Expresa y Compromiso de Colaboración” que recoge los roles y responsabilidades, las fases y concepto de cada fase en las que participará la empresa colaboradora, los entregables desarrollados conjuntamente entre las dos partes, así como el método de comunicación, visita in situ, videoconferencias, etc. La memoria del proyecto es la referencia que se maneja, y la etapa de COMUNICACION finaliza con la reunión inicial individual entre AIDIMME y la empresa participante. En esta reunión -que se trata sea presencial-, se contextualiza el proyecto, se exponen los objetivos, la participación y el rol de cada empresa, el calendario e hitos del proyecto y se trata sobre el público objetivo de los productos de la empresa y -en el caso de SYNERGY- las muestras a aportar para el desarrollo del proyecto.

En la memoria de solicitud se planteaba la posibilidad de celebrar reuniones con otras empresas interesadas en el proyecto. No hubo empresas que utilizaran los mecanismos de AIDIMME para la identificación del citado interés, por tanto, no se realizaron estas reuniones.

La etapa de PARTICIPACION EFECTIVA, en general combina aportaciones de las empresas (muestras de productos para, por un lado, la formulación del recubrimiento – empresa de pinturas- como para su aplicación sobre mobiliario sanitario) con informaciones sobre el avance del proyecto y las características de los resultados intermedios alcanzados, así como evaluaciones cualitativas -en la mayor parte de los casos de estos resultados intermedios.

Abajo se muestra un resumen de las acciones realizadas en esta fase, detalladas en el entregable 3.1 y referenciadas a la clasificación de las acciones de transferencia de la convocatoria.

En la siguiente tabla, se detallan las acciones de transferencia realizadas:

Acción de validación	Fecha de realización	Resultado obtenido	Empresas de la CV beneficiarias de la acción	Desviación
Tipo A: Reuniones individuales. Reunión informativa, presentación proyecto y planificación	15/01/2025	Contextualización del proyecto, exposición de objetivos, la participación y el rol de la empresa, calendario e hitos del proyecto. Información sobre el público objetivo de los productos de la empresa y las muestras a aportar para el desarrollo del proyecto	LIBERFUSTA	Acción no incluida en la tabla de la Memoria solicitud
	15/01/2025		PALBOX INDUSTRIAL	
	21/01/2025		PINTURAS BLATEM	
	24/01/2025		MOBERCAS	
Tipo B: Envío de informe con el resultado obtenido. Acciones de validación	17/07/2025	Obtención de extractos naturales encapsulados antimicrobianos frente a microorganismos nosocomiales	LIBERFUSTA	No
			PALBOX INDUSTRIAL	
			PINTURAS BLATEM	
			MOBERCAS	
Tipo B: Envío de informe con el resultado obtenido. Acciones de validación		Obtención de sinergias entre extractos naturales y biocidas sintéticos frente a microorganismos nosocomiales	LIBERFUSTA	Se realizaron, además, acciones de validación de tipo C
Tipo C: acciones de validación			PALBOX INDUSTRIAL	
			PINTURAS BLATEM	
			MOBERCAS	
Tipo C: Envío de informe con el resultado obtenido	30/07/2025	Formulación de aplicaciones aditivadas mediante combinaciones sinérgicas entre extractos naturales y biocidas sintéticos	LIBERFUSTA	No
	30/07/2025		PALBOX INDUSTRIAL	
	01/08/2025		PINTURAS BLATEM	
	01/08/2025		MOBERCAS	
	30/07/2025	Correcta aplicabilidad del recubrimiento desarrollado con la optimización de los parámetros químicos de compatibilidad	LIBERFUSTA	No
	30/07/2025		PALBOX INDUSTRIAL	
	01/08/2025		PINTURAS BLATEM	
	01/08/2025		MOBERCAS	
Tipo A: Reuniones finales	26/09/2025	Resultados del proyecto y taller de innovación	LIBERFUSTA	No
	25/09/2025		PALBOX INDUSTRIAL	
	26/09/2025		PINTURAS BLATEM	
	25/09/2025		MOBERCAS	

La etapa de VALIDACION está planificada para los siguientes resultados y empresas, y es detallada en el apartado 2

N.	Resultado obtenido	Acción de transferencia	Empresas de la Comunitat Valenciana beneficiarias de la acción	Desviación
1	Obtención de extractos naturales encapsulados antimicrobianos frente a microorganismos nosocomiales	B (Validación en AIDIME)	PALBOX INDUSTRIAL S.L. LIBERFUSTA S.L.U. MOBERCAS, S.L.L. PINTURAS BLATEM, S.L.	No
2	Obtención de sinergias entre extractos naturales y biocidas sintéticos frente a microorganismos nosocomiales	B (Validación en AIDIME)	PALBOX INDUSTRIAL S.L. LIBERFUSTA S.L.U. MOBERCAS, S.L.L. PINTURAS BLATEM, S.L.	No
3	Formulación de aplicaciones aditivadas mediante combinaciones sinérgicas entre extractos naturales y biocidas sintéticos	C (Validación en empresa colaboradora)	PALBOX INDUSTRIAL S.L. LIBERFUSTA S.L.U. MOBERCAS, S.L.L. PINTURAS BLATEM, S.L.	No
4	Correcta aplicabilidad del recubrimiento desarrollado con la optimización de los parámetros químicos de compatibilidad	C (Validación en empresa colaboradora)	PALBOX INDUSTRIAL S.L. LIBERFUSTA S.L.U. MOBERCAS, S.L.L. PINTURAS BLATEM, S.L.	No

2. ACCIONES DE VALIDACIÓN

2.1. Acciones de validación en AIDIMME

Resultado 1. Obtención de extractos naturales encapsulados antimicrobianos frente a microorganismos nosocomiales.

Paquete de trabajo 4. Interacción de los biocidas naturales y sintéticos frente a microorganismos de carácter nosocomial.

Tarea 4.2 Selección de microorganismos nosocomiales.

Inicialmente, en el proyecto SYNERGY, se realizó, mediante búsqueda bibliográfica una selección de microorganismos nosocomiales objetivo para ensayar los biocidas que se querían incorporar en los recubrimientos. Esta búsqueda se basó en la lista de patógenos prioritarios de la OMS de 2024. Además, la mayor parte de las especies bacterianas que se seleccionaron pertenecen al grupo ESKAPE, en el cual se encuentran especies causantes de infecciones nosocomiales que hacen peligrar la vida de individuos con inmunodeficiencia y que poseen mecanismos de resistencia a múltiples antibióticos. También se seleccionó una especie de levadura presente en la lista de patógenos fúngicos prioritarios de la OMS de 2022. Las especies seleccionadas para el proyecto SYNERGY se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 Descripción de especies nosocomiales seleccionadas en el proyecto SYNERGY.

<i>Pseudomonas aeruginosa</i> CECT 111	Especie bacteriana perteneciente al grupo ESKAPE. Inicialmente aislada de una infección de oído, es resistente a múltiples antibióticos, entre los cuales se encuentran la Clindamicina y la Vancomicina
<i>Staphylococcus aureus</i> CECT 794	Especie bacteriana perteneciente al grupo ESKAPE. Presenta diversas resistencias a antibióticos, entre ellos metilina (llamada MRSA)
<i>Enterococcus faecium</i> CECT 8224	Especie bacteriana perteneciente al grupo ESKAPE. Aislada de heces humanas, multirresistente a diversos antibióticos entre los cuales se encuentra la Vancomicina. <u>Prioridad alta</u> en la lista de patógenos bacterianos de la OMS de 2024
<i>Klebsiella pneumoniae</i> DSM 11618	Especie bacteriana perteneciente al grupo ESKAPE. Especies resistente entre otros antibióticos a los de tipo carbapenémicos. Especies categorizadas con <u>prioridad crítica</u> en la lista de la OMS de 2024
<i>Acinetobacter baumannii</i> DSM 102929	Especie bacteriana perteneciente al grupo ESKAPE. Aislada de piel humana. Especie resistente entre otros antibióticos a los de tipo carbapenémicos. Se encuentra en la categoría de <u>prioridad alta</u> en la lista de patógenos bacterianos prioritarios de la OMS
<i>Candida auris</i> DSMZ 21092	Multirresistente. <u>Prioridad crítica</u> según la lista de patógenos fúngicos de la OMS (2022)

Tarea 4.1 Selección de los extractos naturales y biocidas inorgánicos/ Tarea 4.3 Encapsulación de biocidas de origen natural.

A continuación, se realizó, mediante búsqueda bibliográfica, una selección de compuestos con potencial biocida frente a estas especies. También se realizaron las extracciones necesarias de diferentes especies de plantas con buenas propiedades antimicrobianas descritas tanto a nivel bibliográfico como comprobadas en proyectos anteriores en AIDIMME (*Melia azedarach* y *Tamarix* sp.). Se listan en la Tabla 2. De estas últimas especies los extractos fueron encapsulados para poder llevar a cabo las activaciones en las formulaciones de los recubrimientos, así como para su estudio de cálculo de concentración mínima inhibitoria y biocida.

Tabla 2 Descripción de compuestos biocidas seleccionados.

Código
CH-1
B
L
E

Código
M
PG-L
PG-M
PG-E
CH-L
CH-M
Z
ALG-MA
TD-MA
ALG-T
TD-T

Resultado 2. Obtención de sinergias entre extractos naturales y biocidas sintéticos frente a microorganismos nosocomiales

Paquete de trabajo 6. Evaluación de la eficacia antimicrobiana frente a microorganismos nosocomiales.

Tarea 6.1 Estudio microbiológico de los biocidas seleccionados.

Se realizaron ensayos *in vitro* para calcular la concentración mínima biocida (MBC) de cada compuesto frente a las especies seleccionadas (Tabla 3) mediante el método de dilución. Todos los biocidas seleccionados presentaron, de una manera u otra, a menor o mayor concentración, efecto biocida sobre estas especies, exceptuando las encapsulaciones realizadas con *Tamarix* sp. y *Melia azedarach* que no daban efecto biocida. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3 Resumen de concentraciones mínimas biocidas de los distintos compuestos utilizados frente a las especies nosocomiales seleccionadas en el proyecto SYNERGY. (-) no ensayado

MBC	MRSA (%) (+)	Candida auris	Enterococcus faecium CECT 8224 (+)	Pseudomonas aeruginosa CECT 111 (-)	Klebsiella pneumoniae DSM 102020 (-)	Acinetobacter baumannii DSM 116109 (-)
L-Q (%)	0,31	0,15	0,62	1,25	0,625	0,31
E-PG (%)	0,15	0,04	0,15	0,15	0,15	-
M-Q (%)	0,31	0,1	0,62	2,5	0,625	0,15
B (%)	0,025 Variabilidad	0,00125	0,003	0,0125	0,05	0,025
Z (mg/mL)	8	>1	8	32	1	-
SM-PG (%)	0,25	0,0625	0,25	0,0625	0,125	-
L-PG (%)	1,25	0,15	2,5	2,5	-	-
M-PG (%)	0,625	0,05	5	5	-	-

Además de los resultados mostrados en la Tabla 3, se ensayaron; el extracto concentrado de L obteniendo una concentración mínima biocida (MBC) de 3,75%; el extracto concentrado de E obteniendo un MBC de 0,25%; el extracto concentrado de M concentrado obteniendo un MBC de 2,5%; la solución de quitosano al 1% obteniendo un MBC de 0,4% y el biocida A de plata obteniendo un MBC de 0,05%. También se ensayaron las encapsulaciones de extracto de T y MA frente a *Staphylococcus aureus* MRSA, *Klebsiela pneumoniae* y *Enterococcus faecium*, pero no se obtuvo ningún resultado biocida a las concentraciones más altas.

Posteriormente se han realizado, por un lado, ensayos de sinergias mediante la metodología tradicional de tablero utilizando técnicas de microdilución en placas de 96 pocillos, con el compuesto B (biocida inorgánico sintético en base Ag) junto con biocidas naturales cuyas concentraciones mínimas biocidas son inferiores, y, por otro lado, ensayos para estudiar las sinergias existentes entre el Z y los biocidas naturales.

Tras la evaluación de los resultados de todas las pruebas realizadas con los diferentes compuestos frente a todas las especies, se han observado sinergias entre B y M con quitosano frente a *Pseudomonas aeruginosa* (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), así como entre el compuesto Z con m-q (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), con L-q (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), con E-pg (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.), y B (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) frente a MRSA.

Tabla 4 Ensayo de sinergias mediante método de tablero entre los biocidas Z a concentraciones de 8 mg/mL, 4 mg/mL, 2 mg/mL, 1 mg/mL y 0,5 mg/mL y M- a concentraciones de 0,31%, 0,15%, 0,07%, 0,037%, 0,018% frente a *Staphylococcus aureus* MRSA. En naranja se observan los resultados en los que no se obtiene actividad antimicrobiana, en color verde aquellos en los que hay actividad antimicrobiana.

Z (mg/mL)		0	0,5	1	2	4	8
M-Q (%)	MRSA	1	2	3	4	5	6
0	A						
0,018	B						
0,0375	C						
0,075	D						
0,15	E						
0,3	F						

Tabla 5 Resultados del ensayo de sinergias entre Z y M-q frente a *Staphylococcus aureus* MRSA donde se muestra la Concentración Biocida Fraccional: $< \Sigma CBF \leq 0,5$: la combinación es sinérgica; $\Sigma CBF > 0,5 - \leq 4$: la combinación es indiferente; $\Sigma CBF > 4$: la combinación es antagónica.

MRSA	M-Q		Z		ΣCBF	Interpretación
Pocillo	Concentración (%)	CBF M-Q	Concentración (mg/mL)	CBF Z		
A6	0	CMB	8	CMB	-	CMB
B2	0,018	0,06	0,5	0,0625	0,123	SINERGIA
C3	0,0375	0,125	1	0,125	0,25	SINERGIA
D4	0,075	0,25	2	0,25	0,5	SINERGIA
F1	0,3	CMB	0	CMB	-	CMB

Tabla 6 Ensayo de sinergias mediante método de tablero entre los biocidas Z a concentraciones de 8 mg/mL, 4 mg/mL, 2 mg/mL, 1 mg/mL y 0,5 mg/mL y L-q a concentraciones de 0,31%, 0,15%, 0,07%, 0,037%, 0,018% frente a *Staphylococcus aureus* MRSA. En naranja se observan los resultados en los que no se obtiene actividad antimicrobiana, en color verde aquellos en los que hay actividad antimicrobiana.

		Z (mg/mL)					
		0	0,5	1	2	4	8
L-Q (%)	MRSA	1	2	3	4	5	6
0	A						
0,018	B						
0,0375	C						
0,075	D						
0,15	E						
0,3	F						

Tabla 7 Resultados del ensayo de sinergias entre Z y L-q frente a *Staphylococcus aureus* MRSA donde se muestra la Concentración Biocida Fraccional: $\Sigma CBF \leq 0,5$: la combinación es sinérgica; $\Sigma CBF > 0,5 - \leq 4$: la combinación es indiferente; $\Sigma CBF > 4$: la combinación es antagónica.

MRSA	L-Q		Z		ΣCBF	Interpretación
Pocillo	Concentración (%)	CBF L.Q	Concentración (mg/mL)	CBF Z		
A6	0	CMB	8	CMB	-	CMB
B2	0,018	0,06	0,5	0,0625	0,123	SINERGIA
C3	0,0375	0,125	1	0,125	0,25	SINERGIA
D4	0,075	0,25	2	0,25	0,5	SINERGIA
F1	0,3	CMB	0	CMB	-	CMB

Tabla 8 Ensayo de sinergias mediante método de tablero entre los biocidas Z a concentraciones de 8 mg/mL, 4 mg/mL, 2 mg/mL, 1 mg/mL y 0,5 mg/mL y E-pg a concentraciones de 0,15%, 0,07%, 0,037%, 0,018% y 0,009% frente a *Staphylococcus aureus* MRSA. En naranja se observan los resultados en los que no se obtiene actividad antimicrobiana, en color verde aquellos en los que hay actividad antimicrobiana.

Z (mg/mL)		0	0,5	1	2	4	8
E-PG (%)	MRSA	1	2	3	4	5	6
0	A						
0,009	B						
0,018	C						
0,037	D						
0,075	E						
0,15	F						

Tabla 9 Resultados del ensayo de sinergias entre Z y E-PG frente a MRSA donde se muestra la Concentración Biocida Fraccional: $< \Sigma CBF \leq 0,5$: la combinación es sinérgica; $\Sigma CBF > 0,5 - \leq 4$: la combinación es indiferente; $\Sigma CBF > 4$: la combinación es antagónica.

MRSA	E-PG		Z		ΣCBF	Interpretación
Pocillo	Concentración (%)	CBF E-PG	Concentración (mg/mL)	CBF Z		
A6	0	CMB	8	CMB	-	CMB
B2	0,009	0,06	0,5	0,0625	0,123	SINERGIA
C3	0,018	0,125	1	0,125	0,25	SINERGIA
D4	0,0375	0,25	2	0,25	0,5	SINERGIA
F1	0,15	CMB	0	CMB	-	CMB

Tabla 10 Ensayo de sinergias mediante método de tablero entre los biocidas Z a concentraciones de 8 mg/mL, 4 mg/mL, 2 mg/mL, 1 mg/mL y 0,5 mg/mL y B a concentraciones de 0,05%, 0,025%, 0,0125%, 0,00625%, 0,0031% frente a *Staphylococcus aureus* MRSA. En naranja se observan los resultados en los que no se obtiene actividad antimicrobiana, en color verde aquellos en los que hay actividad antimicrobiana.

Z (mg/mL)		0	0,5	1	2	4	8
B (%)	MRSA	1	2	3	4	5	6
0	A						
0,0031	B						
0,0063	C						
0,0125	D						
0,025	E						
0,05	F						

Tabla 11 Resultados del ensayo de sinergias entre ZnO y Bactiblock frente a *Staphylococcus aureus* MRSA donde se muestra la Concentración Biocida Fraccional: $\Sigma CBF \leq 0,5$: la combinación es sinérgica; $\Sigma CBF > 0,5 - \leq 4$: la combinación es indiferente; $\Sigma CBF > 4$: la combinación es antagónica.

MRSA	B		Z		ΣCBF	Interpretación
Pocillo	Concentración (%)	CBF B	Concentración (mg/mL)	CBF Z		
A6	0	CBF	8	CBF	CBF	CBF
C3	0,006	0,125	1	0,125	0,250	SINERGIA
D4	0,0125	0,25	2	0,25	0,5	SINERGIA
F1	0,05	CBF	0	CBF	CBF	CBF

Tabla 12 Ensayo de sinergias mediante método de tablero entre los biocidas Z a concentraciones de 8 mg/mL, 4 mg/mL, 2 mg/mL, 1 mg/mL, 0,5 mg/mL y 0,25 mg/mL y extracto de Sm encapsulada a concentraciones de 0,25%, 0,125%, 0,0625%, 0,031%, 0,015% y 0,007% frente a MRSA. En naranja se observan los resultados en los que no se obtiene actividad antimicrobiana, en color verde aquellos en los que hay actividad antimicrobiana.

		Z (mg/mL)						
		0	0,25	0,5	1	2	4	8
Sm-PG (%)	MRSA	1	2	3	4	5	6	7
0	A							
0,007	B							
0,015	C							
0,031	D							
0,063	E							
0,125	F							
0,25	G							

Tabla 13 Resultados del ensayo de sinergias entre ZnO y extracto de Satureja montana encapsulada frente a Staphylococcus aureus MRSA donde se muestra la Concentración Biocida Fraccional: $\Sigma CBF \leq 0,5$: la combinación es sinérgica; $\Sigma CBF > 0,5 - \leq 4$: la combinación es indiferente; $\Sigma CBF > 4$: la combinación es antagónica.

MRSA	Sm		Z		ΣCBF	Interpretación
Pocillo	Concentración (%)	CBF Sm	Concentración (mg/mL)	CBF Z		
A6	0	CMB	0,05	CMB	-	CMB
D4	0,031	0,124	1	0,125	0,249	SINERGIA
E5	0,0625	0,25	2	0,25	0,5	SINERGIA
F1	0,15	CMB	0	CMB	-	CMB

Tabla 14 Ensayo de sinergias mediante método de tablero entre los biocidas B a concentraciones de 0,05%, 0,025%, 0,0125%, 0,00625%, 0,0031% y 0,0015% y extracto de Sm encapsulada a concentraciones de 0,25%, 0,125%, 0,0625%, 0,031%, 0,015% y 0,007% frente a MRSA. En naranja se observan los resultados en los que no se obtiene actividad antimicrobiana, en color verde aquellos en los que hay actividad antimicrobiana.

		B (%)						
		0	0,0015	0,0031	0,006	0,013	0,025	0,05
Sm-PG (%)	MRSA	1	2	3	4	5	6	7
0	A							
0,007	B							
0,015	C							
0,031	D							
0,063	E							
0,125	F							
0,25	G							

Tabla 15 Resultados del ensayo de sinergias entre extracto de Sm y B frente a *Staphylococcus aureus* MRSA donde se muestra la Concentración Biocida Fraccional: $< \Sigma CBF \leq 0,5$: la combinación es sinérgica; $\Sigma CBF > 0,5 - \leq 4$: la combinación es indiferente; $\Sigma CBF > 4$: la combinación es antagónica.

MRSA	Sm		B		ΣCBF	Interpretación
Pocillo	Concentración (%)	CBF Sm	Concentración (%)	CBF B		
A7	0	CMB	0,05	CMB	-	CMB
E5	0,0625	0,25	0,0125	0,25	0,5	SINERGIA
G1	0,25	CMB	0	CMB	-	CMB

Asimismo, se muestran a continuación los resultados de ensayos de sinergias positivos obtenidos frente a *Pseudomonas aeruginosa* CECT 111. En las Tabla 16 y Tabla 18 se observan los resultados visuales de actividad antibacteriana realizada mediante el método de tablero en placas de 96 pocillos entre los biocidas B y M-q y Z y extracto de Sm encapsulado respectivamente.

Por otro lado, en las Tabla 17 y Tabla 19 se muestran los resultados del cálculo de la concentración biocida fraccional (CBF), y su correspondiente interpretación, de las mismas mezclas de biocidas mencionadas en el párrafo anterior.

Se muestran a continuación las sinergias entre biocidas frente a *P. aeruginosa* y

presentes en las tablas mencionadas en el párrafo anterior y las concentraciones a las que se han dado lugar:

- M-q a concentración 0,31% con B a 0,0031%.
- Z a concentración 8mg/mL con Sm a 0,0156%.

Tabla 16 Ensayo de sinergias mediante método de tablero entre los biocidas B a concentraciones de 0,0125%, 0,00625%, 0,0031% y M-q a concentraciones de 1,25%, 0,625%, 0,31% frente a *Pseudomonas aeruginosa*. En naranja se observan los resultados en los que no se obtiene actividad antimicrobiana, en color verde aquellos en los que hay actividad antimicrobiana.

		B (%)	0	0,0031	0,00625	0,0125
M-Q (%)	<i>P. aeruginosa</i>		1	2	3	4
0	A					
0,31	B					
0,625	C					
1,25	D					

Tabla 17 Resultados del ensayo de sinergias entre B y M-q frente a *Pseudomonas aeruginosa* donde se muestra la Concentración Biocida Fraccional: $\Sigma CBF \leq 0,5$: la combinación es sinérgica; $\Sigma CBF > 0,5 - \leq 4$: la combinación es indiferente; $\Sigma CBF > 4$: la combinación es antagónica.

P.a	M-Q		B		ΣCBF	Interpretación
	Concentración (%)	CBF M.Q	Concentración (%)	CBF B		
A4	0	CMB	0,0125	CMB	-	CMB
B2	0,31	0,248	0,0031	0,248	0,496	SINERGIA
D1	1,25	CMB	0	CMB	-	CMB

Tabla 18 Ensayo de sinergias mediante método de tablero entre los biocidas Z a concentraciones de 32, 16, 8, 4, 2 y 1 mg/mL y extracto de Sm encapsulada a concentraciones de 0,0625%, 0,031, 0,015, 0,007,

0,004 y 0,002 frente a *Pseudomonas aeruginosa*. En naranja se observan los resultados en los que no se obtiene actividad antimicrobiana, en color verde aquellos en los que hay actividad antimicrobiana.

		Z (mg/mL)						
		0	1	2	4	8	16	32
SM-PG (%)	<i>P. aeruginosa</i>	1	2	3	4	5	6	7
0	A							
0,002	B							
0,004	C							
0,007	D							
0,015	E							
0,031	F							
0,063	G							

Tabla 19 Resultados del ensayo de sinergias entre Z y extracto de Sm encapsulado frente a *Pseudomonas aeruginosa* donde se muestra la Concentración Biocida Fraccional: $< \Sigma CBF \leq 0,5$: la combinación es sinérgica; $\Sigma CBF > 0,5 - \leq 4$: la combinación es indiferente; $\Sigma CBF > 4$: la combinación es antagónica.

<i>P.a</i>	Sm30		Z		ΣCBF	Interpretación
Pocillo	Concentración (%)	CBF Sm30	Concentración (mg/mL)	CBF Z		
A4	0	CMB	32	CMB	-	CMB
E5	0,0156	0,25	8	0,25	0,5	SINERGIA
D1	0,0625	CMB	0	CMB	-	CMB

También se muestran a continuación los resultados de ensayos de sinergias positivos obtenidos frente a *Klebsiella pneumoniae*. En la

La sinergia entre biocidas frente a *K. pneumoniae* y presente en las tablas mencionadas en el párrafo anterior se obtuvo a las concentraciones de Sm de 0,031% con B a 0,0125%.

Tabla 20 se observan los resultados visuales de actividad antibacteriana realizada mediante el método de tablero en placas de 96 pocillos entre los biocidas B y extracto de *Sm* encapsulado. Por otro lado, en la Tabla 21 se muestran los resultados del cálculo de la concentración biocida fraccional (CBF), y su correspondiente interpretación, de las mismas mezclas de biocidas mencionadas en el párrafo anterior.

La sinergia entre biocidas frente a *K. pneumoniae* y presente en las tablas mencionadas en el párrafo anterior se obtuvo a las concentraciones de *Sm* de 0,031% con B a 0,0125%.

Tabla 20 Ensayo de sinergias mediante método de tablero entre los biocidas B a concentraciones de 0,05, 0,025, 0,0125, 0,00625, 0,0031 y 0,0015 y extracto de *Sm* encapsulado a concentraciones de 0,125%, 0,0625%, 0,031, 0,015, 0,007 y 0,004 frente a *Klebsiella pneumoniae*. En naranja se observan los resultados en los que no se obtiene actividad antimicrobiana, en color verde aquellos en los que hay actividad antimicrobiana.

		B (%)	0	0,002	0,003	0,006	0,013	0,025	0,05
SM-PG (%)	<i>Klebsiella pneumoniae</i>		1	2	3	4	5	6	7
	A								
	0,004								
	0,007								
	0,015								
	0,031								
	0,062								
	0,125								
	G								

Tabla 21 Resultados del ensayo de sinergias entre extracto de *Sm* encapsulado y B frente a *Klebsiella pneumoniae* donde se muestra la Concentración Biocida Fraccional: $< \Sigma CBF \leq 0,5$: la combinación es sinérgica; $\Sigma CBF > 0,5 - \leq 4$: la combinación es indiferente; $\Sigma CBF > 4$: la combinación es antagónica.

Kp	Sm		B		ΣCBF	Interpretación
Pocillo	Concentración (%)	CBF Sm	Concentración (%)	CBF B		
A7	0	CMB	0,05	CMB	-	CMB
E5	0,031	0,25	0,0125	0,25	0,5	SINERGIA
G1	0,125	CMB	0	CMB	-	CMB

Tabla 22 Ensayo de sinergias mediante método de tablero entre los biocidas Z a concentraciones de 8, 4, 2, 1, 0,5 mg/mL y M-Q concentraciones de 0,625%, 0,31, 0,15, 0,07 y 0,04 frente a *Enterococcus faecium*. En naranja se observan los resultados en los que no se obtiene actividad antimicrobiana, en color verde aquellos en los que hay actividad antimicrobiana.

Z (mg/mL)		0	0,5	1	2	4	8
M-Q (%)	<i>E. faecium</i>	1	2	3	4	5	6
0	A						
0,0375	B						
0,075	C						
0,15	D						
0,3	E						
0,6	F						

Tabla 23 Resultados del ensayo de sinergias entre los biocidas Z a concentraciones de 8, 4, 2, 1, 0,5 mg/mL y M-Q a concentraciones de 0,625%, 0,31%, 0,15%, 0,07% y 0,04% frente a *Enterococcus faecium* donde se muestra la Concentración Biocida Fraccional: $\Sigma CBF \leq 0,5$: la combinación es sinérgica; $\Sigma CBF > 0,5 - \leq 4$: la combinación es indiferente; $\Sigma CBF > 4$: la combinación es antagónica.

<i>Ef</i>	M-Q		Z		ΣCBF	Interpretación
Pocillo	Concentración (%)	CBF MEN-Q	Concentración (mg/mL)	CBF ZnO		
A6	0	CMB	8	CMB	0	CMB
D4	0,15	0,25	2	0,25	0,5	SINERGIA
F1	0,6	CMB	0	CMB	0	CMB

Tabla 24 Ensayo de sinergias mediante método de tablero entre los biocidas Z a concentraciones de 8, 4, 2, 1, 0,5 mg/mL y L-Q a concentraciones de 0,625%, 0,31, 0,15, 0,07 y 0,04 frente a *Enterococcus faecium*. En naranja se observan los resultados en los que no se obtiene actividad antimicrobiana, en color verde aquellos en los que hay actividad antimicrobiana.

Z (mg/mL)		0	0,5	1	2	4	8
L-Q (%)	<i>E. faecium</i>	1	2	3	4	5	6
0	A						
0,0375	B						
0,075	C						
0,15	D						
0,3	E						
0,6	F						

Tabla 25 Resultados del ensayo de sinergias entre los biocidas Z a concentraciones de 8, 4, 2, 1, 0,5 mg/mL y L-Q a concentraciones de 0,625%, 0,31%, 0,15%, 0,07% y 0,04% frente a *Enterococcus faecium* donde se muestra la Concentración Biocida Fraccional: $\Sigma CBF \leq 0,5$: la combinación es sinérgica; $\Sigma CBF > 0,5 - \leq 4$: la combinación es indiferente; $\Sigma CBF > 4$: la combinación es antagónica.

<i>Ef</i>	L-Q		Z		ΣCBF	Interpretación
Pocillo	Concentración (%)	CBF L.Q	Concentración	CBF Z		
A6	0	CMB	8	CMB	0	CMB
D4	0,15	0,25	2	0,25	0,5	SINERGIA
F1	0,6	CMB	0	CMB	0	CMB

Resultado 3. Formulación de aplicaciones aditivadas mediante combinaciones sinérgicas entre extractos naturales y biocidas sintéticos¹

Paquete de trabajo 6. Evaluación de la eficacia antimicrobiana frente a microorganismos nosocomiales.

Tarea 6.2 Estudio microbiológico de recubrimientos formulados.

Se están realizando las formulaciones de recubrimientos aplicados en spray a los cuales se les está adicionando los compuestos que dan lugar a sinergias. Así pues, en primer lugar, se ensaya la sinergia obtenida entre el biocida B y el biocida natural M-Q aplicado en superficie de cartulina de mediante la norma ISO 22196. Los resultados se muestran a continuación.

<i>Pseudomonas aeruginosa</i>								
Muestra	t (h)	Promedio N (UFC/ml)	Lmax	Lmin	Media geométrica	L*	R	% Reducción
Control negativo	0	2,88E+05	5,53	5,38	5,46	0,0	-	-
	24	3,71E+07	7,65	7,46	7,56	-	-	-
24 (B 0,0031%)	24	4,57E+06	6,98	2,54	5,38	-	2,2	87,67
24 (B 0,0125%)	24	3,50E+02	2,54	2,54	2,54	-	5,0	99,999
24 (M-Q 0,315%)	24	1,24E+08	8,27	7,68	8,03	-	0	0
24 (M-Q 1,25%)	24	3,08E+08	8,51	8,45	8,49	-	0	0
24 (B 0,0031 + M-Q 0,31%)	24	3,50E+02	2,54	2,54	2,54	-	5,0	99,999

*Parámetro de validación del ensayo. Queda validado cuando el valor resultante L es $\leq 0,2$

¹ Las acciones de validación en las empresas colaboradoras se detallan en el siguiente apartado.

(-) No aplica

En ellos se observa como las aplicaciones realizadas únicamente con el B se consigue un 87,65% de reducción de la población bacteriana de *Pseudomonas aeruginosa*, con el biocida natural por sí solo no se consigue reducir esta misma población bacteriana, y al unirse los dos en conjunto en una misma aplicación se consigue disminuir hasta un 99,99%. Ello detona una actividad antibacteriana fuerte frente a esta bacteriana gracias a la sinergia de ambos biocidas. Así pues, el biocida natural M-q consigue aumentar el efecto biocida del B empleando una menor concentración de este. De esta forma, reduciendo de una concentración de 0,0125% a 0,0031% (o lo que es lo mismo 4 veces menos) de B, se consigue el mismo efecto antibacteriano del 99,99 % gracias al biocida M-Q.

Resultado 4. Correcta aplicabilidad del recubrimiento desarrollado con la optimización de los parámetros químicos de compatibilidad ²

Previamente a la aplicación del recubrimiento en las instalaciones de las empresas colaboradoras, se realizaron pruebas de aplicación en las instalaciones de AIDIMME. Posteriormente, se les envió, vía correo electrónico, un documento personalizado³ con los resultados tras la aplicación en condiciones de laboratorio.



Ilustración 1 Aplicación sobre producto de PALBOX INDUSTRIAL.

² Las acciones de validación en las empresas colaboradoras se detallan en el siguiente apartado.

³ A la empresa Pinturas Blatem, dada su naturaleza y su papel en el proyecto, no se le envió este informe.

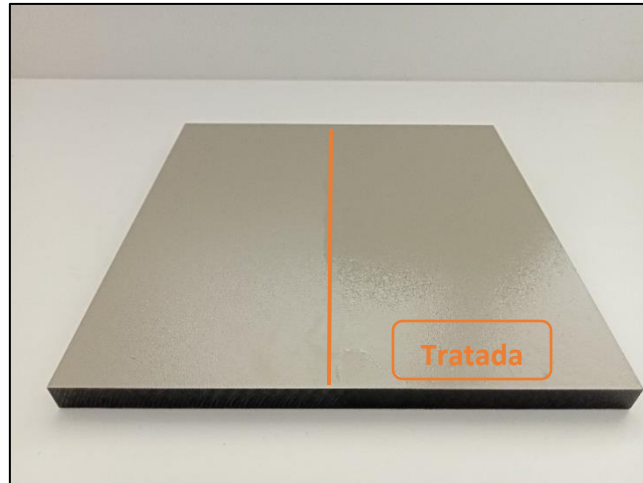


Ilustración 2 Aplicación del recubrimiento sobre un tablero de LIBERFUSTA.



Ilustración 3 Aplicación sobre material polimérico de MOBERCAS.

Los resultados obtenidos 1, 2 y 3 se enviaron a las empresas colaboradoras recopilados en un informe que se adjunta al final de este documento. Por otro lado, las evidencias del envío del informe a las empresas aparecen reflejadas en el entregable 3.1. Participación de las empresas colaboradoras en el proyecto.

2.2. Acciones de validación en empresas colaboradoras

En este apartado se ven reflejadas las validaciones realizadas por las empresas colaboradoras en sus propias instalaciones.

Resultado 3. Formulación de aplicaciones aditivadas mediante combinaciones sinérgicas entre extractos naturales y biocidas sintéticos

En la fase final del proyecto, tras la obtención de los resultados experimentales, se llevaron a cabo diferentes acciones de validación adaptadas al perfil de cada empresa colaboradora.

Para las empresas fabricantes de mobiliario destinado a entornos con riesgo de infección nosocomial, se realizaron validaciones microbiológicas en sus propias instalaciones. Con el objetivo de evaluar el efecto antimicrobiano del recubrimiento aditivado, se diseñó un sistema de ensayo que permitía a las empresas medir de forma sencilla la eficacia y la durabilidad del efecto biocida.

Este sistema consistió en un kit de validación proporcionado a las empresas, compuesto por placas RODAC preparadas con medios de cultivo específicos (TSA para bacterias y PDA para hongos). Tras la aplicación de la formulación aditivada, las empresas realizaron controles microbiológicos siguiendo las instrucciones técnicas de AIDIMME, con el fin de observar la evolución del crecimiento microbiano a lo largo del tiempo y en función del desgaste de las superficies tratadas.

Este sistema de validación estaba inicialmente contemplado en la memoria del proyecto como una acción de transferencia de tipo B, al centrarse en la obtención de sinergias entre biocidas a escala de laboratorio. No obstante, su implementación en un entorno operativo real a través de las empresas colaboradoras permitió avanzar significativamente en el nivel de madurez tecnológica del desarrollo, pasando de un TRL 4 (validación en laboratorio) a un TRL 6 (validación en entorno relevante). Por tanto, puede considerarse que esta actividad evolucionó hacia una acción de transferencia de tipo C, al haberse demostrado la viabilidad práctica del sistema en condiciones reales de uso.

Durante este proceso, el personal debía manipular y tocar las superficies tratadas con frecuencia, especialmente en los casos de LIBERFUSTA y MOBERCAS, donde se trabajó con superficies piloto fuera de su uso habitual. En PALBOX INDUSTRIAL, por el contrario, el recubrimiento se aplicó sobre manillas de uso cotidiano en baños y vestuarios, permitiendo una validación en condiciones reales. Además, a cada empresa se le entregó una plantilla de registro para anotar las fechas de muestreo con las placas RODAC y cualquier proceso de limpieza aplicado.

En el caso de la empresa PINTURAS BLATEM, la acción de validación se centró en la evaluación de la compatibilidad de los distintos componentes seleccionados en la

formulación con los biocidas sinérgicos, así como en la viabilidad de desarrollar un producto en formato aerosol que garantizara una aplicación homogénea y facilitara su uso comercial. Asimismo, PINTURAS BLATEM llevó a cabo los ensayos de caracterización del recubrimiento conforme a los estándares técnicos y normativos del mercado.

PALBOX INDUSTRIAL

La validación microbiológica llevada a cabo por la empresa **PALBOX INDUSTRIAL** presentó una particularidad metodológica que, aunque derivada de un error inicial, proporcionó información de gran valor técnico. En una primera fase se procedió al recubrimiento de varias manivelas de apertura de puertas correspondientes a un vestuario y a un baño, con el objetivo de evaluar el comportamiento antimicrobiano del recubrimiento formulado a partir de extractos naturales. Sin embargo, el personal encargado de la toma de muestras recogió por error las manivelas equivocadas, es decir, aquellas que no habían sido tratadas con el recubrimiento biocida.



Ilustración 4 Cultivo en la empresa PALBOX INDUSTRIAL de las manivelas no recubiertas de vestuario y baño

Una vez identificado el error, se repitió el procedimiento correctamente, tomando muestras de las manivelas tratadas según el protocolo establecido. Este hecho, lejos de constituir una incidencia negativa, resultó muy valioso para el proyecto, ya que permitió comparar de manera directa la evolución de la carga microbiana en superficies tratadas y no tratadas dentro de un mismo entorno físico y operativo. En la práctica, esto proporcionó un control experimental adicional que refuerza la validez de la observación.



Ilustración 5 Cultivo de bacterias en PALBOX INDUSTRIAL de las manivelas recubiertas de vestuario y baño

Al realizar correctamente la validación microbiológica tanto en el baño como en el vestuario, los resultados revelaron diferencias significativas. En el caso de la manivela del baño, el crecimiento bacteriano se mantuvo constante a lo largo de las distintas fechas de muestreo, indicando una eficacia limitada del recubrimiento en esas condiciones específicas. En cambio, en la manivela del vestuario, se observó una disminución notable del crecimiento bacteriano en la medición correspondiente al 19/09/2025 (Ilustración 5), comprobándose además que el recubrimiento permanecía intacto sobre la superficie.

Este comportamiento diferencial podría deberse a las condiciones de uso y mantenimiento de cada instalación. Según informó Ángel Gualda (PALBOX INDUSTRIAL), la manivela del vestuario es sometida a procesos de limpieza más frecuentes e intensos debido al mayor tránsito de personal. Por tanto, el contacto regular con agentes limpiadores podría haber contribuido a eliminar la carga orgánica superficial (grasas, proteínas, biofilm incipiente, etc.), permitiendo que el recubrimiento biocida mantuviera su acción activa.

De este modo, los resultados sugieren que la eficacia antimicrobiana del recubrimiento depende parcialmente del mantenimiento higiénico de la superficie, lo que implica que una limpieza adecuada no solo no interfiere con la actividad del tratamiento, sino que puede potenciar su efecto a largo plazo al evitar la saturación de la superficie con residuos orgánicos que actúan como barrera física frente al agente biocida.

En cambio, para hongos (Ilustración 6) no se observó una tendencia similar: el crecimiento micótico se mantuvo a pesar de los procesos de limpieza, lo que sugiere que el recubrimiento posee una eficacia diferencial frente a bacterias y hongos, siendo más efectivo contra la proliferación bacteriana. Este resultado abre una línea de investigación complementaria para optimizar la formulación con aditivos antifúngicos más persistentes.

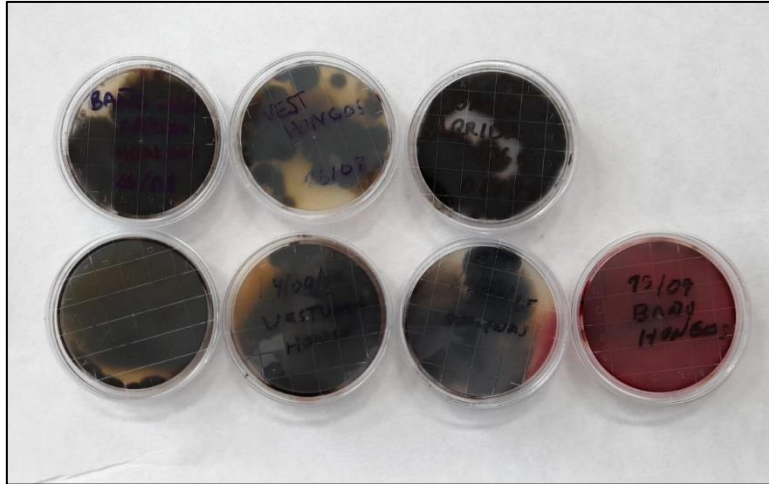


Ilustración 6 Cultivo de hongos en la empresa PALBOX INDUSTRIAL de las manivelas recubiertas de vestuario y baño

LIBERFUSTA

En el caso de **LIBERFUSTA**, la validación microbiológica se realizó sobre tableros compactos utilizados para la fabricación de puertas y taquillas, aplicando la formulación biocida desarrollada durante el proyecto. El objetivo era evaluar la respuesta antimicrobiana en materiales derivados de madera de uso habitual en entornos públicos y semi-húmedos.



Ilustración 7 Aplicación del recubrimiento sinérgico en la empresa LIBERFUSTA.

El recubrimiento se aplicó sobre una muestra de tablero de la empresa, la cual se colocó sobre una mesa accesible al personal para simular un entorno real de uso, generando un nivel de contacto humano representativo. Se instruyó al personal para que manipulara la zona tratada, favoreciendo la deposición de flora bacteriana y fúngica común.

Posteriormente, Jorge Albiñana (LIBERFUSTA) debía realizar el seguimiento microbiológico mediante la toma de muestras con placas Rodac específicas para bacterias y hongos. Sin embargo, solo se efectuó una única toma de muestra, lo que impidió establecer una evolución temporal o comparar el comportamiento de la superficie tratada frente a una no tratada.

En consecuencia, aunque los resultados obtenidos no fueron concluyentes debido al número limitado de observaciones, esta experiencia permitió verificar la adherencia y estabilidad del recubrimiento sobre sustratos lignocelulósicos y plantear la necesidad de protocolos de seguimiento continuado en futuras validaciones. Asimismo, se identificó la conveniencia de integrar los ensayos microbiológicos con estudios de durabilidad físico-química del recubrimiento para correlacionar su eficacia antimicrobiana con su integridad superficial.



Ilustración 8 Placa de contacto utilizada por la empresa LIBERFUSTA.

MOBERCAS

En **MOBERCAS**, la validación microbiológica se enfocó en el recubrimiento de distintos materiales que componen una camilla hospitalaria: metal, plástico y polipiel. Sin embargo, la atención principal se centró en el mando de control y en la superficie de polipiel que recubre el sillón, al ser las zonas de mayor contacto con los usuarios y, por tanto, las de mayor relevancia sanitaria.



Ilustración 9 Pintado de materiales en la empresa MOBERCAS.



Ilustración 10 Estado de los cultivos sobre los diferentes materiales

Tras la aplicación del recubrimiento biocida, se realizaron muestreos y observaciones periódicas del crecimiento bacteriano y fúngico. Los resultados mostraron que el efecto antimicrobiano era similar en el plástico del mando y en la polipiel, sin diferencias significativas entre ambos materiales ni entre los diferentes tiempos de exposición.

Este comportamiento podría explicarse por la ausencia de protocolos de limpieza regulares, tal y como indicó la empresa en la hoja de toma de datos. La falta de

mantenimiento higiénico favorece la acumulación de residuos orgánicos y biofilms que inactivan parcialmente los agentes biocidas, limitando la efectividad del recubrimiento a corto y medio plazo.

Por tanto, los resultados sugieren que, para alcanzar un rendimiento óptimo en entornos reales, es necesario acompañar el uso del recubrimiento con protocolos de limpieza y mantenimiento compatibles con su formulación, garantizando la remoción periódica de contaminantes sin degradar la capa protectora. En este sentido, sería recomendable desarrollar guías específicas de limpieza validadas experimentalmente para este tipo de recubrimientos en mobiliario sanitario.

Validación mediante caracterización de la nueva formulación

PINTURAS BLATEM

La validación de la formulación realizada en la empresa **PINTURAS BLATEM** se centra en el ensayo de las compatibilidades de la formulación desde el punto de vista de su funcionalidad como recubrimiento, comprobando que presenta unas propiedades adecuadas conforme a los estándares exigidos en los recubrimientos de esta tipología.

Se facilitó muestra de la formulación control y de la formulación con solución de biocidas sinérgicos en formato pulverizador y en envase para estudio de estabilidad en el envase. También se facilitaron sus aplicaciones en cartulinas de contraste control para su inspección visual (Ilustración 11).



Ilustración 11. Muestra de productos con actividad sinérgica y su control (arriba) y aplicaciones sobre sustratos control (bajo).

Durante la validación se trató la viabilidad y la compatibilidad de la nueva solución desarrollada. En primer lugar, se trató la composición de la formulación empleada. Durante la ejecución del proyecto se intercambiaron correos electrónicos y llamadas telefónicas donde por parte de PINTURAS BLATEM validaron tanto productos seleccionados en la formulación como las cantidades a emplear. Durante la ejecución de las distintas tareas del proyecto la formulación fue optimizándose con la finalidad de lograr mejores acabados, así como buenos resultados microbiológicos. Finalmente, la cantidad de resina se disminuyó considerablemente del 20 - 30 % al 7,5 %. Fue necesario la incorporación de un agente coalescente, Dowanol DPM, para una mejor formación de la película seca. En este caso, el técnico de PINTURAS BLATEM recomendó intercambiarlo por el coalescente Texanol, más habitual en este tipo de recubrimientos, teniéndolo en cuenta para futuras optimizaciones. El antiespumante habitual en las formulaciones de PINTURAS BLATEM fue sustituido por BYK 1724 por mejorar su incorporación en nuestro sistema. También se incorporó un agente espesante, Rheobyk 7420CA, aditivo que el técnico validó positivamente para nuestro sistema. En la Tabla 26 se recoge la propuesta de formulación inicial y finalmente la formulación final optimizada donde se recogen los cambios mencionados anteriormente.



Ilustración 12. Validación de las formulaciones realizadas por técnico formulador experto en PINTURAS BLATEM

Tabla 26. Formulación base inicial de recubrimiento control.

	FORMULACIÓN INICIAL (%)	FORMULACIÓN FINAL (%)
Agua desionizada	70,00 – 80,00	88,59
Surfactante BLATEM	0,80	0,80
Resina Acrílica blanda BLATEM	20,00 – 30,00	7,50
Coalescente Dowanol DPM	-	0,20
Antiespumante BLATEM	0,10	-
BIOCIDA INORGÁNICO (1%)	-	0,31
BIOCIDA NATURAL AIDIMME (30%)	-	1,50
Antiespumante BLATEM	0,10	-
Antiespumante BYK 1724	-	0,05
Espesante RHEOBYK 7420CA	-	1,00
Antiespumante BYK 1724	-	0,05

Otro aspecto relevante fue la mejora del sistema de aplicación del tratamiento. Durante la visita de validación se facilitaron pulverizadores de uso doméstico, mediante los cuales la aplicación del tratamiento sinérgico no es homogénea sobre el sustrato, generando distribución irregular del producto. En algunas zonas aplica una cantidad excesiva, provocando, desperdiciando de producto, mientras que en otras zonas queda una película insuficiente. El técnico de PINTURAS BLATEM informó sobre la viabilidad de fabricar en un formato tipo aerosol, previa realización de algunas modificaciones menores. Aunque dicho formato no se produce actualmente en sus instalaciones, el técnico señaló la posibilidad de su desarrollo en futuros proyectos de continuidad.

Finalmente, el técnico confirmó la viabilidad de la solución formulada, así como su conformidad respecto al aspecto y a la estabilidad del producto en el envase.

Tras la validación de la formulación del tratamiento sinérgico, AIDIMME facilitó la formulación referenciada como control, así como una de las formulaciones con biocidas sinérgicos seleccionada, con la finalidad de que técnicos aplicadores de la empresa PINTURAS BLATEM aplicaran sobre sus sustratos control y realizaran ensayos de caracterización del recubrimiento acordados.

En la siguiente visita de validación, la empresa PINTURAS BLATEM informó sobre la correcta estabilidad en el envase de la solución desarrollada tras varias semanas en reposo.

Resultado 4. Validación de la correcta aplicabilidad del recubrimiento desarrollado con la optimización de los parámetros químicos de compatibilidad

Para determinar la correcta aplicabilidad del recubrimiento, al igual que es en resultado anterior, también se realizaron dos tipos de validaciones. Por un lado, las realizadas por la empresa fabricante de pinturas consistentes en ensayos de validación de la durabilidad del recubrimiento aplicado al frote en húmedo tras varios ciclos siguiendo

la normativa aplicable.

Por otro lado, las que se han llevado a cabo en las empresas fabricantes de mobiliario que se han basado en la observación de la evolución del recubrimiento con el paso del tiempo tras lavados periódicos de las superficies expuestas.

Validación de compatibilidad y de aplicabilidad y rendimiento

La empresa fabricante de pinturas, PINTURAS BLATEM, validó el aspecto en el envase de la solución desarrollada, observando su correcta estabilidad tras varias semanas en reposo. Además, AIDIMME facilitó la formulación referenciada como control, así como una de las formulaciones con biocidas sinérgicos seleccionada, con la finalidad de que técnicos aplicadores de la empresa PINTURAS BLATEM aplicaran sobre sus sustratos control y realizaran ensayos de caracterización acordados. Se consideró llevar a cabo el ensayo de resistencia al frote en húmedo. Este ensayo es rutinario y esencial en recubrimientos de pinturas de uso interior, en el cual se evalúa la durabilidad de una pintura frente al desgaste causado por 200 ciclos de limpieza, mediante la norma UNE-EN ISO 11998:2007. Además, pudo clasificarse en función de su resistencia al frote en húmedo según la norma UNE-EN 13300 de mayor resistencia (1) a menor resistencia (5) al frote en húmedo.

La empresa facilitó los informes con los resultados experimentales, donde se pueden observar las hojas escaneadas en la Ilustración 13. También nos facilitó las lenetas de PVC aplicadas con nuestras soluciones tras ensayo de resistencia al frote en húmedo. En la Ilustración 14 se recogen las probetas aplicadas con la formulación control y en Ilustración 15 se recogen las probetas aplicadas con la formulación con biocidas sinérgicos.

Los resultados de caracterización de los recubrimientos para la formulación control y la formulación con biocidas sinérgicos fueron los siguientes. Se obtuvo el valor de pérdida media de espesor de película L_{dft} :

Formulación control: $L_{dft} = 1,2865 \mu m \rightarrow$ CLASE 1 (UNE-EN 13300)

Formulación con biocidas sinérgicos: $L_{dft} = 1,6724 \mu m \rightarrow$ CLASE 1 (UNE-EN 13300)

Ambos recubrimientos resultaron clasificarse como CLASE 1, es decir, presentaron una buena respuesta frente al desgaste por frote de la superficie en húmedo.

19/9/25

RESISTENCIA AL FROTE HÚMEDO.

Producto: TRATAMIENTO CONTROL

Lote:

Nº Ciclos: 200

B
 Peso leneta antes del frotado: 12.473 / 12.340g
 Peso leneta después del frotado: 12.402 / 12.240g
 $\frac{12.402}{0.015}$ $\frac{12.240}{0.015}$

	Peso	Espesor 1	Espesor 2	Espesor 3
N1 (control)	2'532	265	260	264
B1 (tratado)	2'747g	280	276	272
N2 (control)	2'532	264	264	263
B2 (tratado)	2'773	276	278	279

LdB = 1.2865 μ m Clase 1
 $\left(\frac{12.402 - 12.340}{0.015} \cdot 2.54 \right) = 0.037$
 2.54 mm = 0.1 mm
 0.037 mm = 37 micras

Observaciones:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{25} = \frac{0.015}{3500 - 11} = 0.0000043 \text{ g/cm}^3 \\ P_{25} = 3500 \text{ mm}^3 \end{array} \right.$$

19/9/25

RESISTENCIA AL FROTE HÚMEDO.

Producto: TRATAMIENTO BUCÓN SINTÉTICO

Lote:

Nº Ciclos: 200

A. A.1
 Peso leneta antes del frotado: 12.457 / 12.253g
 Peso leneta después del frotado: 12.052 / 12.110g
 $\frac{12.052}{0.015}$ $\frac{12.110}{0.015}$

	Peso	Espesor 1	Espesor 2	Espesor 3
N1	2'532	264	265	263
B1	2'700	273	274	269
N2	2'532	259	266	264
B2	2'730	269	267	274

LdB = 1.6724 μ m Clase 1

Observaciones:

Ilustración 13. Documentos con resultados experimentales facilitados por PINTURAS BLATEM S.L. de ensayo de resistencia al frote en húmedo.

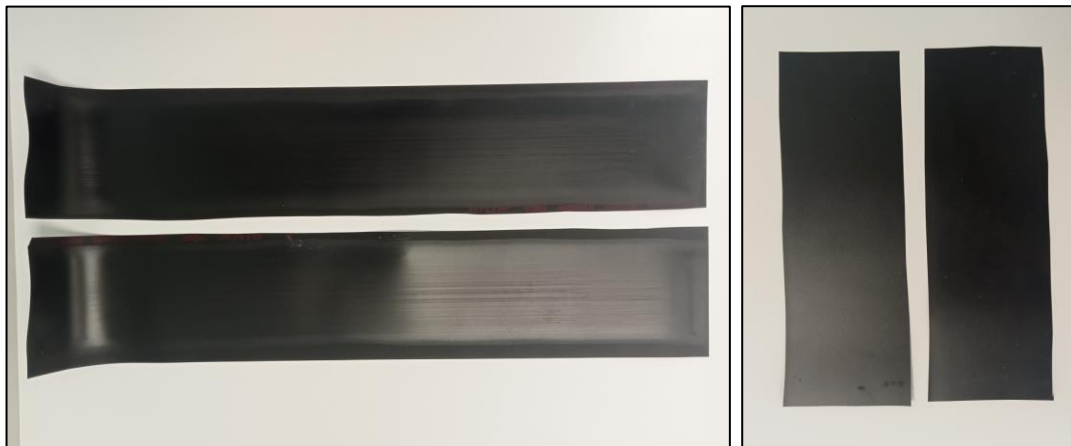


Ilustración 14. Aplicaciones para ensayo de resistencia al frote en húmedo con recubrimiento control FR 1.3 sometidas a 200 ciclos (izquierda) y probetas de área 7500 mm² para el cálculo de la densidad de la película seca. Referencias B1 y B2 (derecha).

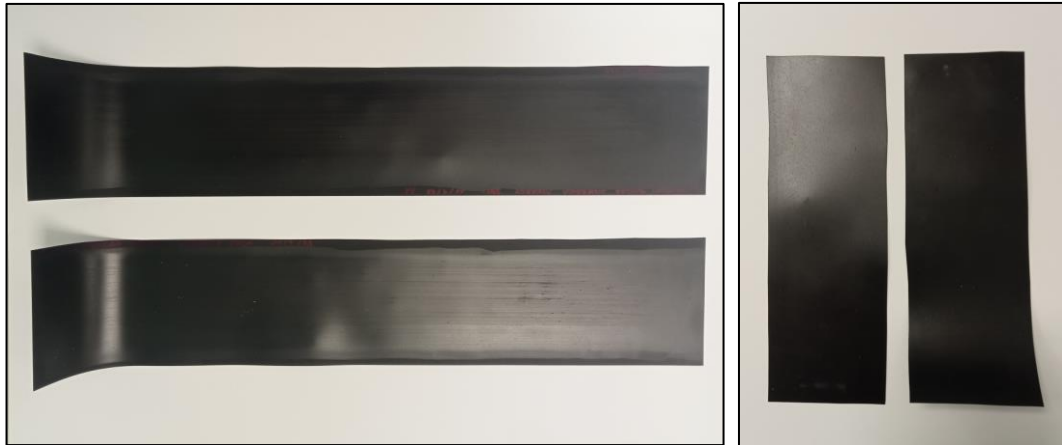


Ilustración 15. Aplicaciones para ensayo de resistencia al frote en húmedo con recubrimiento sinérgico FR 1.3.3 sometidas a 200 ciclos (izquierda) y probetas de área 7500 mm² para el cálculo de la densidad de la película seca. Referencias B1 y B2 (derecha).

Por último, la empresa informó sobre la buena aplicabilidad de ambas formulaciones, así como su buen comportamiento. También indicó que en el tratamiento con biocidas sinérgicos se observó la presencia de algunos cráteres en sus aplicaciones, y recomendó la necesidad de aumentar los tiempos de agitación, con la finalidad de incorporar al sistema adecuadamente el agente antiespumante, motivo, seguramente de la aparición de los defectos superficiales mencionados.

Por otro lado, las empresas fabricantes de mobiliario validaron la correcta aplicabilidad del recubrimiento mediante la observación visual atendiendo a factores estéticos y de cómo la aplicación del recubrimiento puede repercutir en el aspecto final del producto. También se realizaron medidas del brillo especular para determinar la pérdida o deterioro del recubrimiento tras un uso continuado y los procesos de limpieza cotidiana.

En la **empresa PALBOX INDUSTRIAL** se recubrieron manivelas de puertas correspondientes a los accesos de los baños y vestuarios donde la afluencia de paso es alta y, por tanto, son sometidos a un uso intensivo. Tras la aplicación hay que permitir el secado adecuado para que desaparezca el efecto moteado.



Ilustración 16 A la izquierda el recubrimiento todavía húmedo. A la derecha una vez seco. Empresa PALBOX INDUSTRIAL.

Una vez seco, se registra una alteración del brillo, aun así, se considera que presenta una estética y sensación que ofrece al tacto correcta.

En cuanto a la persistencia con el paso del tiempo y el uso en condiciones reales, tras la medición del brillo especular se ha determinado que tras uso continuado el recubrimiento permanece en la manivela registrando una variación de brillo de 305 °, brillo del propio sustrato, a 127° tras aplicación de tratamiento y uso continuado del mismo, medido con ángulo de incidencia de 60 °. El acabado pierde brillo, aun considerándose un acabado brillante.

En la **empresa LIBERFUSTA**, tras el análisis visual del acabado se ha determinado que no afecta al producto final ni visualmente ni al tacto. El recubrimiento queda totalmente adherido de un modo uniforme e incoloro, de modo que puede aplicarse a los productos que comercializa la empresa sin ver comprometido el valor estético.

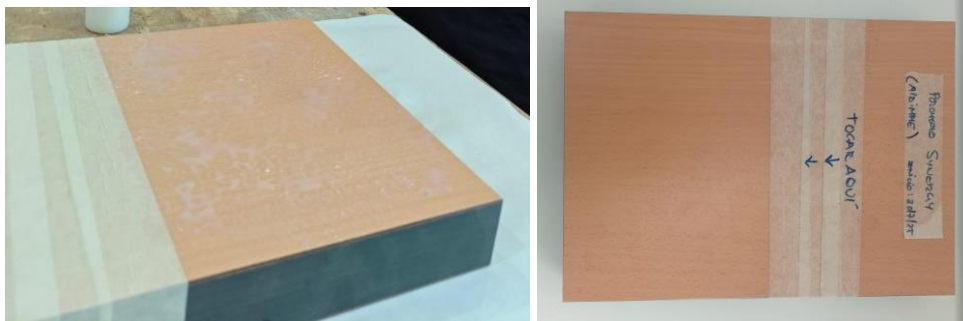


Ilustración 17 Recubrimiento húmedo tras aplicación en LIBERFUSTA.

En lo referido a la perduración del recubrimiento en el material aplicado, tras la comparación de los datos obtenidos mediante el brillo especular antes de la aplicación y tras el uso del panel recubierto, indican que la degradación de la capa aplicada ha sido mínima, por detectar visualmente la permanencia del recubrimiento en toda el área ensayada. El recubrimiento permanece en el sustrato, observando en este caso una menor alteración del brillo superficial de la muestra. Inicialmente el sustrato presentó un valor de brillo de 13,6° y torna a 8,3° tras aplicación de tratamiento y uso continuado del mismo, medido con ángulo de incidencia de 60 °. En ambos casos se considera un acabado mate.

Por último, nos centramos en la validación realizada en la **empresa MOBERCAS** donde se ha aplicado el producto en una tipología dispar de materiales.

En la polipiel, pese a que el aspecto tras la aplicación no era satisfactorio, tras el secado queda prácticamente imperceptible. Dadas las características mecánicas del material, la flexibilidad del recubrimiento juega un papel importante en la adherencia del mismo. Tras la observación de su evolución los resultados han sido muy satisfactorios en este aspecto, no presentando desconchones o zonas en que se haya desprendido.

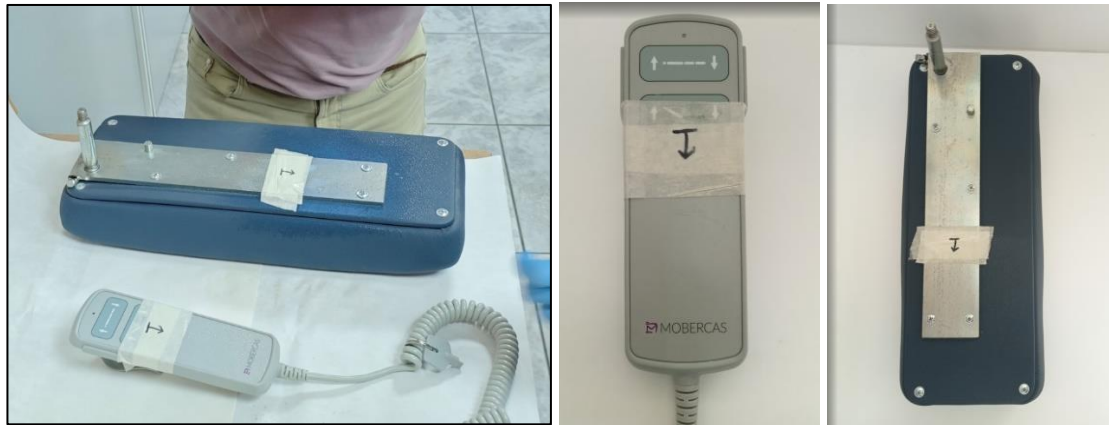


Ilustración 18 Diversos materiales tras la aplicación del recubrimiento.

La comparación de las mediciones del brillo especular en los distintos materiales indica lo siguiente:

- Polipiel: Permanece el tratamiento aplicado observando un ligero aumento del brillo superficial. Inicialmente el sustrato presentó un valor de brillo de $1,4^{\circ}$ y torna a $2,2^{\circ}$ tras aplicación de tratamiento y uso continuado del mismo, medido con ángulo de incidencia de 85° .
- Plástico: El brillo superficial del propio sustrato medido inicialmente y tras aplicado y uso continuado del mismo no presentaron apenas diferencias. Este aspecto podría relacionarse con la pérdida del mismo tras uso continuado y limpieza del mando. Sin embargo, la inspección visual nos confirmó la permanencia del acabado sobre el sustrato. En este caso el tratamiento no altera el brillo superficial del propio sustrato. Inicialmente el sustrato presentó un valor de brillo de $10,1^{\circ}$ y torna a $10,2^{\circ}$ tras aplicación de tratamiento y uso continuado del mismo, medido con ángulo de incidencia de 60° .
- Metal/Cromado: El recubrimiento permanece en el acabado metálico. Esto se verificó, visualmente, y con una pérdida de brillo superficial. Inicialmente el sustrato presentó un valor de brillo de $60,4^{\circ}$ y torna a $32,7^{\circ}$ tras aplicación de tratamiento y uso continuado del mismo, medido con ángulo de incidencia de 60° . El acabado tras aplicación del tratamiento pasa de considerarse brillante a satinado.



Ilustración 19 Medición del brillo especular tras la aplicación.



Ilustración 20 Muestra de polipiel en que se ha aplicado el recubrimiento en una parte.

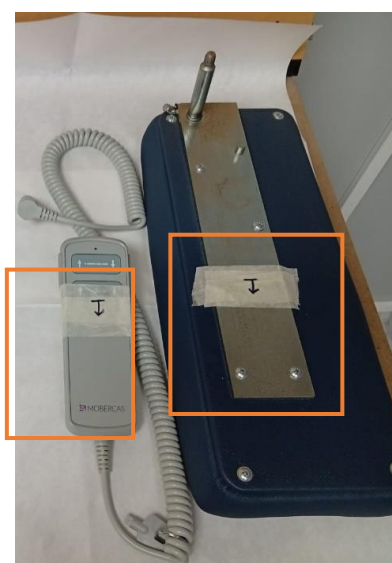


Ilustración 21 Muestras de plástico y metal recubiertas parcialmente y toma de datos del brillo especular.

Los valores de brillo de las distintas superficies se recogen en la siguiente Tabla 27. Los valores sombreados en gris indican el grado de incidencia seleccionado para realizar las comparaciones entre valores antes y después de aplicar el tratamiento.

Tabla 27. Valores de brillo y sus desviaciones de las diversas superficies tratadas en las instalaciones de las empresas colaboradoras.

			Sin tratamiento			Con tratamiento		
			20°	60°	85°	20°	60°	85°
LIBERFUSTA	Tablero	Valor sd	1,9 0,1	13,6 0,4	23 0,7	1,2 0	8,3 0,4	10 2,3
PALBOX	Manivela baño	Valor sd	351 1,2	305 0,1	97,5 0,1	106 4,1	127 0,1	55,2 0,2
MOBERCAS	Polipiel	Valor sd	0,1 0	0,7 0	1,4 0	0,2 0	2 0	2,2 0
	Cromado	Valor sd	47,7 2	60,4 0,6	20 1,5	22,5 0	32,7 0	17,2 0
	Mando	Valor sd	1,8 0	10,1 0	20,3 0,2	1,6 0	10,2 0	13,4 0

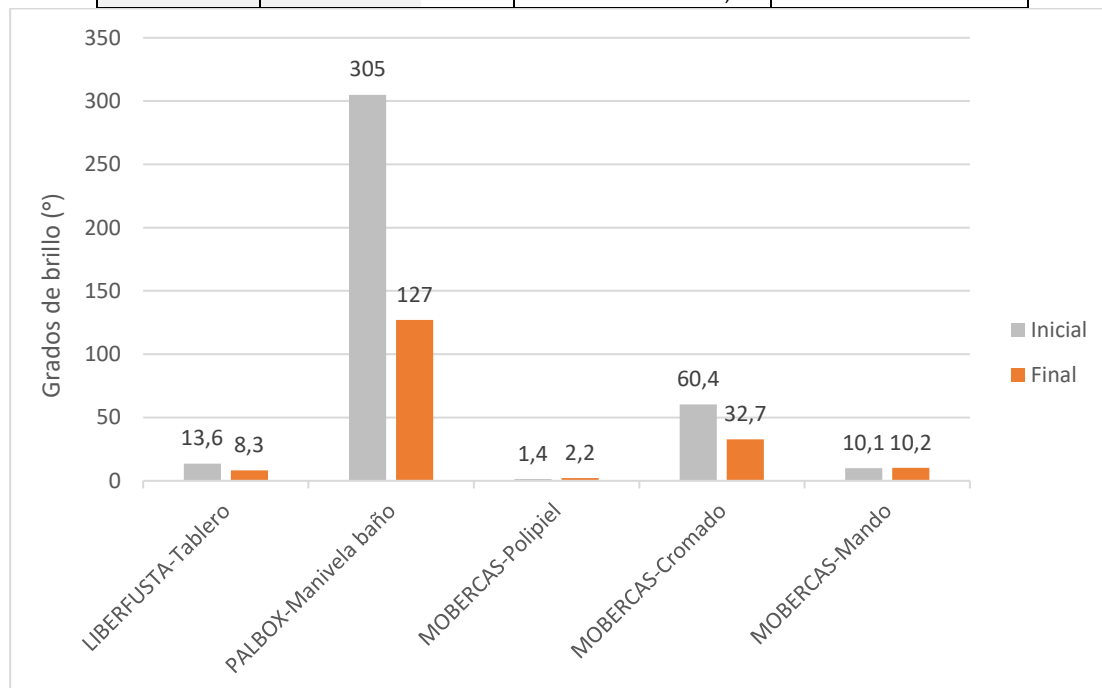


Ilustración 22. Gráfico comparativo de cambios de brillo de las distintas muestras antes y después del tratamiento.

3. EXPLOTABILIDAD

Partiendo de la base de la caracterización cuantitativa de los resultados alcanzados a través de las acciones de validación descritas en el punto 2, la hoja de ruta de explotabilidad contempla una serie de características tanto para su puesta en producción/mercado como para su promoción a resultados explotables.

Estas características se han obtenido de las empresas a través de los llamados “talleres de innovación”. Inicialmente previstos como una sesión conjunta, en SYNERGY la metodología utilizada finalmente incluyó:

- Estandarización de la recogida de información para comparar prioridades industriales y potencial de mercado (El cuestionario utilizado se muestra en el Anexo I).
- Entrevistas individualizadas y personalizadas con cada empresa participante.
 - PALBOX INDUSTRIAL – Ángel Gualda (Responsable I+MK).
 - PINTURAS BLATEM S.L. – Sergio Molina (Responsable I+D).
 - MOBERCAS S.L. – Marta Renau (Departamento Técnico).
 - LIBERFUSTA – Jorge Albiñana (Gerencia).
 (las respuestas recibidas se muestran en el Anexo II)
- Validación cualitativa a partir de la recepción de impresiones y necesidades concretas de cada participante (conclusiones del apartado 3.1)

3.1. Conclusiones de la validación cuantitativa y cualitativa

En la visita final a las empresas colaboradoras se les muestran los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto mediante una presentación (ver anexo). Siendo los siguientes:

- Obtención de extractos naturales encapsulados antimicrobianos frente a microorganismos nosocomiales (*Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecium*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii* y *Candida auris*)
- Obtención de sinergias entre extractos naturales y biocidas sintéticos frente a microorganismos nosocomiales. Esta mezcla potencia sus propiedades por lo que se pueden usar concentraciones mucho más bajas, lo que no solo abarata los costos, sino que también minimiza la posibilidad de generar nuevas resistencias bacterianas.
- Formulación de aplicaciones aditivadas mediante combinaciones sinérgicas entre extractos naturales y biocidas sintéticos
- Correcta aplicabilidad del recubrimiento desarrollado con la optimización de los parámetros químicos de compatibilidad
- Eficacia antimicrobiana comprobada de acuerdo con la norma ISO 22196
- El proyecto se posiciona en un TRL6 partiendo de un TRL4 gracias a la validación ejecutada por las empresas colaboradoras en sus instalaciones

De los procesos de validación del recubrimiento formulado aplicado en las empresas se

obtienen las siguientes conclusiones:

- El crecimiento activo de bacterias durante el proceso de validación de la empresa MOBERCAS, indicaría que el recubrimiento formulado no llega a llevar a cabo el efecto antimicrobiano detectado según las condiciones de ensayo ISO 22196.
- En el caso de PALBOX INDUSTRIAL sí se observa como el efecto limpieza sí mejora las propiedades antimicrobianas del recubrimiento aplicado. Ello podría ser explicado en cuanto a que, por una parte, puede que el sudor, aceites de la piel, polvo o detergentes pueden formar una película sobre la superficie que impide el contacto directo de las bacterias con la plata o los compuestos de m. Además, estos compuestos orgánicos pueden secuestrar los iones de plata y neutralizarlos químicamente.
- Además, una vez que las bacterias forman un biofilm, la eficacia de los biocidas cae drásticamente. La plata y los aceites esenciales suelen ser poco efectivos frente a biofilms maduros.
- El recubrimiento formulado fue estudiado frente a determinadas cepas de bacterias, relacionadas con las IRAS e incluso nosocomiales, por lo que puede justificarse que no actúe frente a todas las bacterias del entorno.
- Finalmente, aunque el recubrimiento reduzca bacterias, en superficies de contacto habitual la contaminación se renueva constantemente con cada toque de mano. Si el biocida no lo elimina instantáneamente, los recuentos bacterianos pueden ser altos.

La empresa PINTURAS BLATEM S.L. llevó a cabo la validación de la formulación desarrollada en el proyecto, centrando su estudio en la compatibilidad y funcionalidad del recubrimiento biocida desde el punto de vista técnico y de aplicabilidad industrial. Las conclusiones son las siguientes:

- Durante el proceso, se realizaron ajustes sustanciales en la composición para optimizar la formación de la película seca, la estabilidad del producto y la incorporación de los aditivos. Entre las mejoras más relevantes destacan la reducción del contenido en resina acrílica del 20–30 % al 7,5 %, la inclusión del coalescente Dowanol DPM (recomendando posteriormente su sustitución por Texanol), la sustitución del antiespumante convencional por BYK 1724, y la incorporación del espesante RHEOBYK 7420CA. Estas modificaciones permitieron obtener una formulación estable, funcional y visualmente aceptable, validada por el técnico formulador de la empresa.
- Asimismo, se identificó la necesidad de mejorar el sistema de aplicación, ya que el uso de pulverizadores domésticos generaba una distribución irregular del recubrimiento. Se propuso el desarrollo futuro de un formato tipo aerosol, más adecuado para lograr una aplicación homogénea sobre el sustrato.
- En cuanto a la evaluación de la durabilidad, los ensayos de resistencia al frote en húmedo realizados conforme a las normas UNE-EN ISO 11998:2007 y UNE-EN 13300 confirmaron la alta calidad del recubrimiento, clasificándose tanto la formulación control como la formulación con biocidas sinérgicos como CLASE 1, la de mayor resistencia. Estos resultados demostraron que la incorporación de

biocidas no compromete las propiedades mecánicas ni la resistencia al desgaste del recubrimiento.

- Las validaciones visuales y funcionales realizadas por las empresas colaboradoras (PALBOX, LIBERFUSTA y MOBERCAS) corroboraron la buena aplicabilidad y adherencia del recubrimiento sobre distintos materiales —metales, plásticos, polipiel y tableros compactos— sin afectar negativamente a su apariencia ni a sus propiedades superficiales. Las mediciones de brillo especular mostraron ligeras variaciones tras uso continuado y procesos de limpieza, manteniendo la integridad de la capa protectora y confirmando estabilidad en condiciones reales.

En conjunto, la validación de PINTURAS BLATEM demuestra que la formulación desarrollada cumple con los estándares técnicos y estéticos exigidos para su uso industrial, siendo estable en envase, compatible con los sustratos habituales y resistente al desgaste. Los resultados avalan su viabilidad comercial y sientan las bases para el desarrollo de nuevas versiones mejoradas del recubrimiento, optimizadas en formato de aplicación y comportamiento antifúngico.

Tomando en conjunto todas estas conclusiones, se muestra las líneas de investigación que ADIMME propone en relación con los resultados obtenidos, tanto en el proceso experimental del proyecto como en el de la validación de las empresas. Serían los siguientes:

Estrategia y alcance:

- Ampliar el rango de biocidas: Investigar la combinación de más de dos biocidas para expandir el espectro de efectividad contra una mayor variedad de especies. Esta investigación podría enfocarse en encontrar sinergias o en usar concentraciones más altas para lograr la eficacia deseada.
- Hongos. Identificar sinergias: Continuar con los ensayos de sinergias para encontrar combinaciones efectivas contra levaduras y hongos. Aunque se ha comprobado la eficacia de ciertos biocidas contra levaduras, es necesario realizar más pruebas para otras especies de hongos.

Desarrollo y aplicación de productos:

- Desarrollar un formato en aerosol: Crear un nuevo formato de aerosol para facilitar y mejorar la aplicación del producto.
- Mejorar la formulación: Optimizar la incorporación de los biocidas en el recubrimiento final, prestando especial atención al Óxido de Zinc.
- Explorar nuevas aplicaciones: Investigar cómo el efecto sinérgico de los biocidas puede ser aplicado en otros materiales.

Pruebas y validación:

- Evaluar la durabilidad: Realizar ensayos de envejecimiento para comprobar la durabilidad y la eficacia del producto a largo plazo en condiciones de uso real.
- Realizar ensayos in situ: Llevar a cabo pruebas en el entorno de uso real para validar el rendimiento del producto.

3.2. Hoja de ruta de resultados.

Resultado	Valor Aportado	Aplicación	Sector	Actores Clave	Barreras Potenciales	Nivel de Madurez Tecnológica (TRL)	Actividades de Explotación	Horizonte Temporal
Obtención de extractos naturales encapsulados antimicrobianos frente a microorganismos nosocomiales	- Reducción del uso de antibióticos sintéticos - Prevención de infecciones nosocomiales - Alternativa más sostenible y natural - Potencial reducción de resistencias bacterianas	- Control de infecciones en hospitales - Desinfección de superficies médicas - Revestimientos antimicrobianos para mobiliario médico	- Salud / Sanitario - También podría aplicarse en biotecnología, cosmética o industria farmacéutica.	Centros de salud, empresas biotecnológicas, reguladores	Regulación, eficacia en entorno real, aceptación del mercado	TRL 4	Validación clínica, escalado industrial, registro sanitario	Medio plazo si está en fase de validación Largo plazo si requiere enclaves biomásicos sujetos a explotación
Obtención de sinergias entre extractos naturales y biocidas sintéticos frente a microorganismos nosocomiales	- Reducción del uso de químicos agresivos - Mejora de la eficacia antimicrobiana - Posible reducción de resistencias bacterianas - Alternativa más sostenible y segura	- Desinfección hospitalaria más eficaz - Formulación de productos de limpieza sanitarios - Tratamiento de superficies en quirófanos o UCI - Prevención de infecciones en dispositivos médicos	- Sanidad / Hospitalario - También aplicable en industria química, limpieza profesional, o biotecnología ambiental	Empresas químicas, hospitales, agencias sanitarias	Compatibilidad química	TRL 6	Formulación de productos, pruebas de eficacia, certificación	Medio plazo, si está en fase de validación Largo plazo, si requiere aprobación regulatoria o pruebas clínicas
Formulación de aplicaciones aditivadas mediante combinaciones sinérgicas entre extractos naturales y biocidas sintéticos	- Reducción del impacto ambiental y toxicidad de los biocidas - Mejora de la eficacia antimicrobiana - Posible reducción de resistencias microbianas - Mayor seguridad para el personal sanitario y pacientes	- Productos de limpieza hospitalaria de nueva generación - Revestimientos antimicrobianos para superficies críticas - Formulación de desinfectantes con menor toxicidad - Aplicaciones en la industria alimentaria o cosmética para control microbiológico	- Sanidad / Hospitalario - Industria química - Biotecnología - Cosmética / Alimentación, dependiendo del tipo de aplicación final	Empresas de limpieza, cosmética, hospitales	Coste de producción, validación regulatoria	TRL 6	Desarrollo de prototipos, pruebas de toxicidad, alianzas industriales	Medio plazo, si se encuentra en fase de validación Largo plazo, si requiere ensayos de eficacia, toxicidad o aprobación regulatoria
Correcta aplicabilidad del recubrimiento desarrollado con la optimización de los parámetros químicos de compatibilidad	- Mejora de la adherencia y durabilidad del recubrimiento - Mayor compatibilidad con diferentes materiales - Reducción de fallos en la aplicación - Aumento de la eficacia antimicrobiana en condiciones reales	- Revestimientos antimicrobianos para superficies hospitalarias - Protección de materiales en entornos clínicos o industriales - Aplicaciones en dispositivos médicos o quirúrgicos - Uso en sectores donde se requiere compatibilidad química (alimentación, farmacéutica, etc.)	- Sanidad / Hospitalario - Industria química - Farmacéutico - Alimentación, si se aplica en superficies de contacto	Fabricantes de materiales, hospitales, agencias regulatorias	Compatibilidad con superficies, percepción del usuario, costes, durabilidad	TRL 6	Pruebas de campo, certificación, transferencia tecnológica	Corto a medio plazo, si ya se ha validado su aplicabilidad Medio a largo plazo, si requiere validación en entornos regulados o industriales

4. CONCLUSIONES

Las conclusiones que pueden extraerse de este entregable son las siguientes:

En cuanto a la validación técnica y científica de los resultados, el proyecto ha demostrado la viabilidad de utilizar extractos naturales encapsulados como agentes antimicrobianos frente a microorganismos nosocomiales, incluyendo cepas críticas como *Pseudomonas aeruginosa*, MRSA y *Candida auris*. La combinación sinérgica con biocidas sintéticos ha permitido mejorar la eficacia antimicrobiana, reducir las concentraciones necesarias y minimizar el riesgo de generación de resistencias.

En lo referente a la aplicabilidad industrial confirmada, las formulaciones desarrolladas han sido validadas en condiciones reales por empresas colaboradoras, mostrando buena adherencia, estabilidad y compatibilidad con diversos materiales (madera, metal, plástico, polipiel). Las pruebas de brillo especular y resistencia al frote en húmedo han confirmado la durabilidad del recubrimiento, clasificándolo como CLASE 1 según UNE-EN 13300.

Centrándonos en el impacto positivo en sostenibilidad, la sustitución de biocidas sintéticos por extractos naturales encapsulados mejora el perfil ambiental del producto y reduce el uso de sustancias críticas. Las empresas participantes han valorado positivamente este enfoque, abriendo oportunidades para su posicionamiento en base a esta sostenibilidad.

Respecto a las limitaciones observadas y oportunidades de mejora, la eficacia del recubrimiento puede verse afectada por la acumulación de biofilm y residuos orgánicos, lo que sugiere la necesidad de protocolos de limpieza compatibles. Además, se ha detectado una menor efectividad frente a hongos, lo que plantea una línea de investigación para incorporar aditivos antifúngicos más persistentes.

En lo referido a la viabilidad comercial y tecnológica, el recubrimiento se sitúa en un TRL6, habiendo evolucionado desde un TRL4. La formulación ha sido optimizada en colaboración con PINTURAS BLATEM, incluyendo ajustes en resinas, coalescentes y antiespumantes, y se ha propuesto el desarrollo de un formato aerosol para mejorar la aplicación.

De la hoja de ruta para la explotación futura, se identifican como próximas acciones:

- Ampliar el espectro de biocidas y estudiar nuevas sinergias.
- Desarrollar formatos de aplicación más eficientes.
- Realizar ensayos de envejecimiento y validaciones in situ.
- Promover la certificación y escalado industrial.

AIDIMME

Instituto Tecnológico

Domicilio fiscal —

C/ Benjamín Franklin 13. (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 366 070 | Fax 961 366 185

Domicilio social —

Leonardo Da Vinci, 38 (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 318 559 - Fax 960 915 446

aidimme@aidimme.es
www.aidimme.es