

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA VIABILIDAD DE APLICAR PINTURAS FOTOCATALÍTICAS EN TEXTILES ARQUITECTÓNICOS: IMPACTO EN LA SALUD Y EL AMBIENTE

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF APPLYING PHOTOCATALYTIC PAINTS ON ARCHITECTURAL TEXTILES: IMPACT ON HEALTH AND THE ENVIRONMENT

Edna Victoria Villanueva Perdomo ⁽¹⁾

¹ Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, edna.villanueva@alumnos.upm.es

RESUMEN

Según la COP27, el sector de la construcción fue responsable de más del 34% de la demanda energética y alrededor del 37% de las emisiones de CO₂ asociadas a la energía y a sus operaciones durante 2021.

Por otra parte, la Comisión Lancet, sobre contaminación y salud, informó que la contaminación fue responsable de 9 millones de muertes prematuras en 2015, una de cada seis muertes en todo el mundo. La creciente preocupación por las emisiones de CO₂ en la construcción ha impulsado la búsqueda de soluciones innovadoras y sostenibles.

En este sentido, la arquitectura textil, surge como una alternativa debido a su capacidad de reducir la huella de carbono y optimizar el uso de recursos. Esta arquitectura se construye con materiales resistentes, reciclables y de bajo impacto ecológico, que están evolucionando gracias a la aplicación de tecnologías digitales, diseño paramétrico y a la incorporación de componentes electrónicos.

Por todo lo anterior, se plantea un proyecto de investigación, en esa línea de innovación, a través del estudio de la viabilidad de utilizar pinturas fotocatalíticas en los tejidos, para reducir la contaminación ambiental y facilitar la auto limpieza.

Para ello, se realiza una búsqueda bibliográfica y documental y se seleccionan diferentes tejidos (Lona de poliéster con PVC; Lona de fibra de vidrio con PTFE; Lona de ETFE y Lona de fibra de carbono), así como dos tipos de pinturas: PhotoActiva TB y PhotoActiva S.

Sobre muestras de los tejidos seleccionados se impregnan las pinturas y se realizan ensayos comparativos de adherencia, observación de fisuras o desconchones, durabilidad, comportamiento ante el agua y la suciedad.

Los resultados obtenidos confirman la viabilidad de utilizar recubrimientos fotocatalíticos para reducir el impacto medioambiental en la edificación. No obstante, la selección del recubrimiento debe adaptarse al tipo de material, sus características físicas y las necesidades específicas.

Palabras clave: Pinturas fotocatalíticas, arquitectura textil, CO₂, contaminación.

ABSTRACT

According to COP27, the construction sector was responsible for more than 34% of energy demand and around 37% of CO₂ emissions associated with energy and its operations in 2021.

Furthermore, the Lancet Commission on Pollution and Health reported that pollution was responsible for 9 million premature deaths in 2015, one in six deaths worldwide. The growing concern over CO₂ emissions in construction has driven the search for innovative and sustainable solutions.

In this context, textile architecture emerges as an alternative due to its ability to reduce the carbon footprint and optimize resource use. This architecture is built with durable, recyclable, and environmentally low-impact materials, which are evolving thanks to the application of digital technologies, parametric design, and the incorporation of electronic components.

Given all of the above, a research project is proposed, in line with this innovation, studying the feasibility of using photocatalytic paints on fabrics to reduce environmental pollution and facilitate self-cleaning.

To achieve this, a bibliographic and documentary review is conducted, and different fabrics are selected (polyester canvas with PVC; fiberglass canvas with PTFE; ETFE canvas; and carbon fiber canvas), along with two types of paints: PhotoActiva TB and PhotoActiva S.

The paints are applied to samples of the selected fabrics, and comparative tests are performed on adhesion, crack or chipping observation, durability, and behavior against water and dirt.

The results obtained confirm the feasibility of using photocatalytic coating to reduce the environmental impact on buildings. However, the selection of the coating must be adapted to the type of material, its physical characteristics and specific needs.

Keywords: photocatalytic paints, textile architecture, CO₂, pollution.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los temas de mayor importancia en el mundo ya que es evidente el deterioro ambiental en todos los ámbitos existentes, siendo el CO₂ uno de los componentes con mayor emisión de contaminación global. Desafortunadamente, mientras el mundo avanza en temas tecnológicos, invenciones y procesos innovadores se incrementa la generación de este gas el cual sigue generando un impacto nocivo para el mundo que se conoce y la salud misma de quienes le habitan (Sreenath & Sam, 2023). La existencia de elementos perjudiciales para la salud, en el medioambiente, es lo que origina el desequilibrio de un determinado entorno sea natural, o urbano, pero que finalmente afecta la sobrevivencia de los seres vivos que integran dicho entorno, siendo esta situación lo que se denomina contaminación ambiental (Aceves Gutiérrez et al., 2021). Según Williams, es una consecuencia del desarrollo de diversas actividades del ser humano, donde la producción y emisión de los llamados gases efecto invernadero al ambiente se deriva de dichos procesos (de la Caridad Conde Williams, 2013). Los cuales afectan directamente la calidad de vida a mediano y largo plazo. En el ámbito de la edificación y la construcción en la conferencia de la ONU sobre el clima, la COP27 concluye que el sector fue responsable de más del 34% de la demanda energética y alrededor del 37% de las emisiones de CO₂ asociadas a la energía y sus operaciones durante 2021. Las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía en las operaciones del sector alcanzaron un equivalente a las diez gigatoneladas de dióxido de carbono, un 5% más alto que los niveles de 2020 y un 2% por encima del pico prepandémico de 2019. La demanda de energía para la calefacción, la refrigeración, la iluminación y el equipamiento de los edificios en 2021 aumentó cerca de un 4% respecto a 2020 y un 3% en relación con 2019 (Naciones Unidas, 2022). Hoy en día, se ha formado el mecanismo internacional de comercio de carbono y está mejorando gradualmente. “El carbono se ha vuelto intrínsecamente conectado a la economía, y el desarrollo futuro de la economía inevitablemente estará estrechamente ligado a las emisiones de carbono. Reducir las emisiones de carbono ya no es simplemente un esfuerzo voluntario, se ha convertido en una necesidad (Zabalza Bribián et al., 2009).

El costo humano y ambiental de la contaminación atmosférica antropogénica es enorme y, probablemente, aún subestimado. La mitigación de los efectos ambientales y de la salud humana de la contaminación atmosférica depende, principalmente, de acciones para reducir la exposición, pero también de una comprensión clara de los objetivos biológicos y los efectos moleculares de los contaminantes que podrían respaldar las estrategias de monitoreo, prevención y protección. Ya se han identificado varios objetivos celulares y moleculares para los mecanismos citotóxicos de los componentes de la contaminación atmosférica, y algunos de ellos se utilizan de hecho como biomarcadores de exposición. Sin embargo, la complejidad de los efectos sistémicos de la exposición sugiere que otros objetivos celulares pueden desempeñar un papel relevante en la toxicidad de la contaminación atmosférica. Las mitocondrias son

orgánulos esenciales en las células eucariotas, y la disfunción mitocondrial está asociada causalmente con numerosas enfermedades humanas relevantes para la salud pública y el envejecimiento (Nadja Cristhina de Souza Pinto, 2024). La Comisión *Lancet* sobre contaminación y salud informó que la contaminación fue responsable de 9 millones de muertes prematuras en 2015, lo que la convierte en el mayor factor de riesgo ambiental del mundo para enfermedades y muerte prematura. Ahora se ha actualizado esta estimación utilizando datos del Estudio de la carga mundial de enfermedades, lesiones y factores de riesgo de 2019. Se observa que la contaminación sigue siendo responsable de aproximadamente 9 millones de muertes por año, lo que corresponde a una de cada seis muertes en todo el mundo (Fuller et al., 2022).

Como estrategia de mitigación se ha identificado una posibilidad de combatir esta problemática de forma pasiva en alternativas textiles arquitectónicas como el ETFE, el PTFE, las lonas de poliéster con PVC, entre otros brindan una posibilidad adicional a los sistemas constructivos tradicionales como lo es la Arquitectura textil junto con pinturas fotocatalíticas las cuales utilizan las propiedades de un proceso denominado fotocátalisis, que es un fenómeno natural en el que una sustancia usa la energía de la luz para eliminar compuestos contaminantes y nocivos. Las pinturas y productos fotocatalíticos logran transformar las sustancias contaminantes, virus, bacterias y hongos que se encuentran en el ambiente, en materias inocuas (Myphor, 2025). Muchos usuarios cuando miran por la calidad de vida de sus familias consideran muchos factores, pero no tienen en cuenta la calidad del aire que respiran. El hecho de estar rodeado de un ambiente limpio y sano es importante tanto para conseguir un mejor entorno como para mejorar la salud disminuyendo las afecciones respiratorias y alergias (Mohite et al., 2022). La arquitectura textil no solo representa una solución funcional y estética, sino también un enfoque clave para la salud de las personas del entorno. A medida que las regulaciones ambientales se vuelven más estrictas y la demanda por edificaciones ecológicas aumentan, su adopción continuará en expansión. La combinación de innovación, eficiencia y bajo impacto ambiental la posiciona como una alternativa relevante para el futuro del sector de la edificación.

2. OBJETIVOS

Evaluar comparativamente la viabilidad de integrar pinturas fotocatalíticas en distintos sustratos textiles utilizados en Arquitectura textil, con el fin de identificar la solución constructiva con mayor potencial para mejorar la sostenibilidad y las condiciones de salud en entornos habitables.

Específicos

1. Analizar los principales textiles empleados en la arquitectura textil y su comportamiento en términos de sostenibilidad.
2. Estudiar las posibilidades de aplicación de estrategias textiles orientadas a mejorar la salud en entornos habitables.
3. Aplicar dos tipos de recubrimientos fotocatalíticos sobre distintos sustratos textiles para evaluar su comportamiento en diferentes condiciones.
4. Comparar los resultados obtenidos y determinar el textil con mayor viabilidad técnica y potencial de aplicación en arquitectura textil.
5. Seleccionar el tejido con mayor eficiencia para su integración en soluciones constructivas alternativas y sostenibles.

3. METODOLOGÍA

Para alcanzar el objetivo general de esta investigación, se desarrolló una metodología de carácter experimental, comparativa y aplicada, estructurada de la siguiente manera:

Se realizó un análisis comparativo (Tabla 1) con base en criterios de sostenibilidad de los principales textiles arquitectónicos.

Se realizó la caracterización físico-mecánica (Tabla 2 y 3) incluyó parámetros como resistencia a tracción, desgarró, % de apertura, estabilidad térmica y comportamiento frente al fuego según información técnica de cada textil.

Se aplicaron dos recubrimientos fotocatalíticos en los diferentes sustratos seleccionados y se sometieron a cinco ensayos clave (Tabla 4):

- **Suciedad por intemperie:** Evaluó la acumulación de partículas y deterioro visible durante 5 semanas de exposición natural.
- **Suciedad inducida por moho:** Las muestras fueron contaminadas con esporas para determinar la resistencia a la colonización microbiana, revelando mejoras en textiles tratados.
- **Congelamiento controlado:** Se analizaron los efectos microestructurales de congelamiento prolongado para detectar deterioros internos no visibles.
- **Absorción y capilaridad:** Se midió la capacidad de absorción y transporte de humedad, mostrando diferencias significativas según el tipo de recubrimiento y estructura del textil.
- **Comportamiento frente al fuego:** Verificó que los tratamientos no comprometen las propiedades ignífugas, manteniéndose dentro de los estándares.

Luego, se concluye con base a los resultados cual es el textil y la pintura con mayor aporte en la Arquitectura textil.

4. RESULTADOS

Se diseñó un plan experimental en dos fases:

Fase I: Caracterización de Materiales

Fase II: Ensayos experimentales y resultados

4.1 Fase I

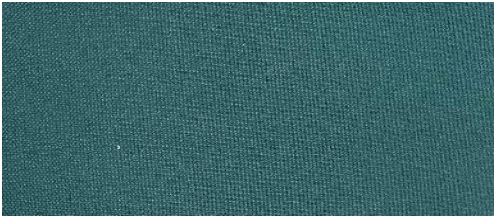
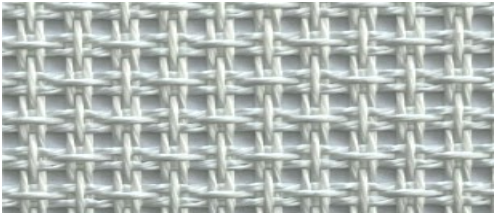
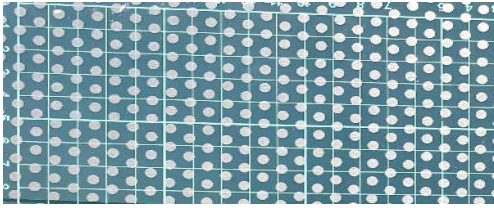
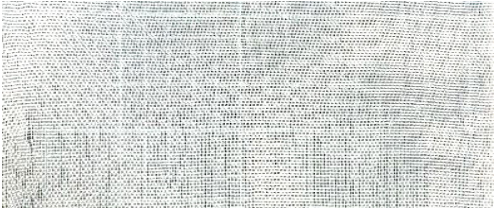
Según el estado de la cuestión y antecedentes, la denominación de muestras se eligió de acuerdo a los materiales más utilizados en la Arquitectura Textil, se establecen el tipo de muestras de estudio con unas características de prestaciones avanzadas y en adición a ello se proponen textiles adicionales utilizados en el sector de la edificación para refuerzos como lo son la fibra de vidrio y la fibra de carbono. Para evidenciar el comportamiento de estos con la aplicación de pinturas fotocatalíticas. A continuación, en la tabla 1, se hace un análisis en términos de sostenibilidad donde: 1=Baja y 5=Alta

Tabla 1. Análisis comparativo con criterios de sostenibilidad de textiles Arquitectónicos. Fuente: Propia

#	Material	Huella de Carbono	Reutilización	Vida Útil	Mantenimiento	Media
1	Poliéster + PVC	3	4	3	3	3,25
2	Fibra de vidrio + PTFE	4	2	5	1	3
3	Fibra de vidrio + PTFE perforado	4	2	5	1	3
4	ETFE	2	5	5	1	3,25
5	Fibra de carbono	5	2	5	1	3,25
6	Fibra de vidrio convencional	3	3	4	2	3

En la tabla 2, Se observan los seis (6) textiles especiales elegidas para el proceso experimental con pinturas fotocatalíticas donde se hace un análisis comparativo en términos de sostenibilidad y se identifica que la fibra de vidrio tiene la media de 3 en una escala de 1 a 5 respecto a los demás, lo que lo hace el material con mejor criterio sostenible. A continuación, se hace una caracterización de cada tipo de textil en su estado original.

Tabla 2. Caracterización de muestras textiles. Fuente: Propia

TIPOS DE TEXTILES		MUESTRAS
1	Lonas de poliéster con PVC una cara	
2	Lonas de fibra de vidrio con PTFE [Politetrafluoroetileno] [Compacta] B-18039	
3	Lonas de fibra de vidrio con PTFE [Politetrafluoroetileno] [Perforada] GFM-21 Color: 143	
4	Lonas de ETFE [Etileno Tetrafluoretileno] (Traslucido)	
5	Lona de fibra de carbono	
6	Lona de Fibra de vidrio convencional	

En la tabla 3, se observa la clasificación de las propiedades de los materiales con los cuales se realizaron los diferentes ensayos y se aprecia sus resistencias a tracción, desgarro, % de apertura, comportamiento al fuego y estabilidad térmica del material. El análisis revela que los textiles con base de fibra de vidrio recubierta de PTFE son los más fuertes y resistentes al fuego, mientras que el ETFE es óptimo para soluciones con alta transparencia lumínica, lo cual permite seleccionar el material más adecuado según las exigencias estructurales, térmicas y estéticas.

Tabla 3. Caracterización de textiles y análisis. Elaboración: Propia según fichas técnicas

	Resistencia a la Tracción [N/5 cm urdimbre/trela]	Resistencia al desgarro [N] [Urdimbre/trama]	% Aper-tura	%Transmisión de luz	Comportamiento del fuego	Estabilidad Térmica
1. Lonas de poliéster con PVC	>1000	>200			E	.-30°C/+70°C
	EN 12311-2 MA	EN 12310-2			EN 13501-1	
Lonas de fibra de vidrio con PTFE (Politetrafluoroetileno)[Comp acta] B-18039	4200/400	300/300	17		B	.-30°C/+70°C
	DIN 53354	DIN 53363	DIN 5036		DIN 4102	
Lonas de fibra de vidrio con PTFE [Politetrafluoroetileno] [Perforada] GFM-21 Color: 143	6000/6000	500/500	21	35	A2,A2-s1d0	.-30°C/+70°C
	DIN EN ISO 1421	DIN 53363				
Lonas de ETFE [Etileno Tetrafluoroetileno]	21-23 N/mm2	52 N/mm2		90-95		.-30°C/+70°C
Lona de fibra de carbono	4300	240			A2	+.50°C
Lona de Fibra de vidrio convencional	2000	3400			A1-A2	450°C
	ISO 13934	ISO 13935			ISO 15025	

4.2 Fase II

Las muestras textiles analizadas presentan dimensiones estándar de 20 × 30 cm. Se llevaron a cabo cinco ensayos experimentales con el objetivo de evaluar el desempeño de los materiales frente a distintas condiciones de exposición y exigencias funcionales: (1) suciedad por intemperie, (2) suciedad inducida (moho), (3) congelamiento controlado, (4) absorción y capilaridad, y (5) comportamiento frente al fuego. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el orden mencionado, junto con la finalidad específica de cada ensayo.

4.2.1 Suciedad por intemperie

El objetivo de este ensayo es analizar el comportamiento físico y funcional de los textiles tratados con pinturas fotocatalíticas al ser expuestos a condiciones ambientales reales, así como su capacidad para resistir la acumulación de suciedad y la colonización microbiana en un periodo de observación de durante 5 semanas

4.2.2 Suciedad inducida por Moho

Las muestras fueron contaminadas directamente con esporas de moho para evaluar su resistencia, con y sin recubrimiento fotocatalítico, frente a la adherencia y proliferación biológica en condiciones reales y aceleradas. El ensayo permite determinar el potencial higiénico y auto limpiante del textil frente a contaminantes fúngicos persistentes.

4.2.3 Ensayo de congelamiento controlado

La incorporación de este ensayo busca aportar un análisis microestructural que complemente los ensayos de comportamiento macroscópico previamente realizados. Esta prueba permite identificar efectos no perceptibles a simple vista sometidos a congelamiento prolongado en 48h continuas con temperaturas de 0°-5°C después de la semana 10.

4.2.4 Ensayo de Absorción y capilaridad en textiles

La finalidad de este ensayo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de absorción de líquidos y la capilaridad en diferentes tipos de textiles arquitectónicos, tanto sin tratamiento como tratados con pintura fotocatalítica, con el fin de analizar cómo la estructura y composición superficial de cada textil influye en la penetración y transporte de humedad.

4.2.5 Ensayo de comportamiento frente al fuego

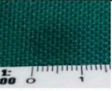
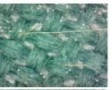
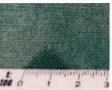
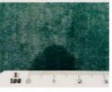
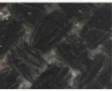
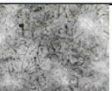
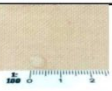
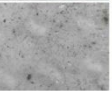
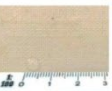
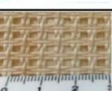
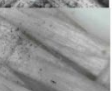
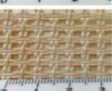
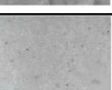
La resistencia al fuego es un requisito indispensable en materiales textiles utilizados en espacios públicos o cerramientos exteriores e interiores. Este ensayo permite valorar si los tratamientos fotocatalíticos en textiles son y si su aplicación conserva o mejora la clasificación ignífuga del soporte textil.

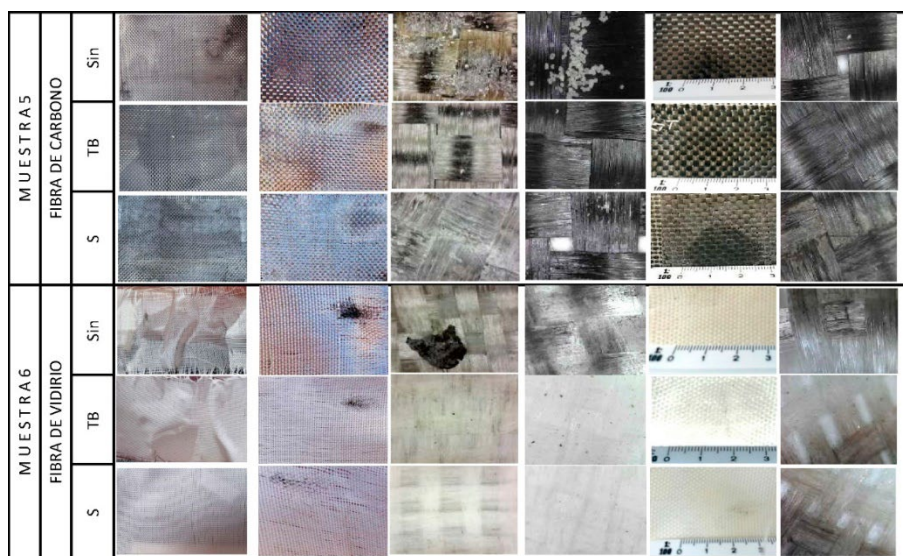
5. RESULTADOS

La presente sección recoge y analiza los resultados obtenidos durante el proceso experimental del plan metodológico descrito. Una vez concluida la caracterización de materiales y recubrimientos fotocatalíticos (Fase I), se procedió a la aplicación práctica de las pinturas seleccionadas sobre textiles arquitectónicos, así como a la evaluación de su desempeño bajo distintas condiciones ambientales y técnicas.

En la tabla 4, se observan los resultados de todos los ensayos realizados sobre textiles arquitectónicos tratados y no tratados con pinturas fotocatalíticas. Las muestras sin recubrimiento presentan mayor suciedad, moho y deterioro. Los recubrimientos mejoran el comportamiento funcional, destacando PhotoActiva S por su mayor eficacia auto limpiante, aunque con alteraciones estéticas en algunos casos.

Tabla 4. Resultados de Ensayos en diferentes condiciones de exposición. Fuente: Propia

			ENSAYO 1	ENSAYO 2		ENSAYO 3	ENSAYO 4	ENSAYO 5
			S5	S6	S-10	S-11	S-11	S-11
			Intemperie y suciedad	Intemperie + suciedad inducida (Moho)		Congelamiento controlado	Absorción y capilaridad	Comportamiento frente al fuego
MUESTRA 1	POLIÉSTER CON PVC	Sin						
		TB						
		S						
MUESTRA 2	PTFE	Sin						
		TB						
		S						
MUESTRA 3	PTFE PERFORADO	Sin						
		TB						
		S						
MUESTRA 4	ETFE	Sin						
		TB						
		S						



Sin: No tiene aplicación de Pintura / TB: Pintura PhotoActiva TB / S: Pintura PhotoActiva S

6. CONCLUSIONES

Se comprobó que textiles como el poliéster con PVC y la fibra de vidrio permiten una adecuada adherencia y activación de recubrimientos fotocatalíticos sin comprometer su integridad física, lo cual demuestra su viabilidad técnica para aplicaciones arquitectónicas, sin embargo, aunque los dos tipos de pinturas son incoloras, alteran su apariencia estética original generando una coloración blanca especialmente con la aplicación de pintura PhotoActiva S, por lo cual la pintura PhotoActiva TB para textiles con pigmentación definida y con recubrimientos ya avanzados es la que mejor equilibrio tendría entre mejoramiento funcional y estética.

Comportamiento Diferenciado según Material: La efectividad del recubrimiento depende de propiedades como porosidad, composición superficial y absorción. Algunos materiales como fibra de carbono mostraron mejor comportamiento sin recubrimiento, lo que indica la necesidad de seguir investigando fórmulas específicas para cada textil.

Eficacia de los Recubrimientos Fotocatalíticos: Ambos recubrimientos (PhotoActiva TB y S) mejoraron el comportamiento frente a la intemperie y moho, pero PhotoActiva S fue más eficaz, mostrando mejor desempeño funcional, con menos acumulación de suciedad y mayor capacidad auto limpiante, pero en textiles con pigmentación fuerte, presenta cierta coloración.

Impacto Ambiental Positivo: Las pinturas fotocatalíticas contribuyen activamente a la purificación del aire, eliminación de compuestos orgánicos volátiles (COVs), bacterias, hongos y virus (hasta 100% en algunos casos), generando superficies que mejoran la calidad ambiental de forma sostenible.

Contribución a la Sostenibilidad y Diseño Arquitectónico: La investigación propone una arquitectura textil más consciente, en la que se integren tecnologías activas como la fotocatálisis. Estas estrategias apoyan el diseño inteligente, reducen la necesidad de mantenimiento y favorecen la calidad del aire circundante.

7. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Aunque los resultados son alentadores, se recomienda continuar evaluando el comportamiento de estos recubrimientos sobre textiles en estado puro antes de aplicar ETFE o PTFE, para garantizar mejor adhesión y desempeño a largo plazo.

También, se evidencia el potencial de estudiar elementos textiles utilizados durante y después del proceso de construcción y así transformar elementos pasivos en una superficie activa capaz de reducir contaminantes del aire, mejorar las condiciones de salubridad del entorno y disminuir el mantenimiento por suciedad o acumulación de polvo.

Finalmente, es igualmente importante ampliar la experimentación hacia más tipos de pinturas fotocatalíticas disponibles en formatos comerciales más grandes, lo que permitiría validar su comportamiento a escala real y facilitar su adopción en proyectos de mayor envergadura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceves Gutiérrez, H., Mercado Ibarra, S. M., López Chávez, O., & Arévalo Razo, J. L. (2021). Documento: Procesos de construcción, emisión de dióxido de carbono y resultados socioeconómicos durante la pandemia del covid-19 en México. *Telos Revista de Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales*, 23(2), 485–502. <https://doi.org/10.36390/telos232.17>
- de la Caridad Conde Williams, A. (2013). Efectos nocivos de la contaminación ambiental sobre la embarazada Harmful effects of environmental pollution on pregnant women. In *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología* (Vol. 51, Issue 2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032013000200011
- Fuller, R., Landrigan, P. J., Balakrishnan, K., Bathan, G., Bose-O'Reilly, S., Brauer, M., Caravanos, J., Chiles, T., Cohen, A., Corra, L., Cropper, M., Ferraro, G., Hanna, J., Hanrahan, D., Hu, H., Hunter, D., Janata, G., Kupka, R., Lanphear, B., ... Yan, C. (2022). Pollution and health: a progress update. In *The Lancet Planetary Health* (Vol. 6, Issue 6, pp. e535–e547). Elsevier B.V. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00090-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00090-0)
- Mohite, V. S., Darade, M. M., Sharma, R. K., & Pawar, S. H. (2022). Nanoparticle Engineered Photocatalytic Paints: A Roadmap to Self-Sterilizing against the Spread of Communicable Diseases. In *Catalysts* (Vol. 12, Issue 3). MDPI. <https://doi.org/10.3390/catal12030326>
- Myphor. (2025, March 21). *Materiales Especiales*.
- Naciones unidas. (2022, November 9). *Las emisiones históricas del sector de la construcción lo alejan de los objetivos de descarbonización*. Cambio Climático y Medio Ambiente. <https://news.un.org/es/story/2022/11/1516722>
- Nadja Cristhina de Souza Pinto. (2024). *Assessing the effects of atmospheric pollution on mitochondrial stability in human cells*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Sreenath, S., & Sam, A. A. (2023). Hybrid membrane-cryogenic CO2 capture technologies: A mini-review. In *Frontiers in Energy Research* (Vol. 11). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1167024>
- Zabalza Bribián, I., Aranda Usón, A., & Scarpellini, S. (2009). Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. *Building and Environment*, 44(12), 2510–2520. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.05.001>