

La CAL como **MATERIAL DE RECUBRIMIENTO INHIBIDOR DE MICRO-ORGANISMOS**

PARA LOS ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS INTERIORES

Fecha de recibido:
14 Enero 2022
Fecha de aceptado:
29 Abril 20221

*Lime as a microorganism inhibitor coating material
for interior architectural spaces*

*Instituto de
Estudios Superiores
de Tamaulipas, México.
natalia.franco@iest.edu.mx

NATALIA FRANCO-RUIZ*

RESUMEN. La investigación tiene como objetivo analizar el efecto del pH y determinar los cambios temporales presentados en la superficie de un elemento arquitectónico como muro, techo o columna con aplanado de mortero cemento-arena en acabado fino recubierto con una pintura a base de cal en los espacios interiores de las edificaciones, para determinar la efectividad de éstas como material de recubrimiento inhibidor de microorganismos o agentes patógenos.

Se determinaron seis formulaciones a estudiar compuestas de forma general por cal viva o hidratada, agua, sal y resina de nopal o sellador vinílico como aglutinante.

La metodología presenta el proceso de fabricación de las pinturas y los sustratos; los ensayos realizados en pinturas en estado líquido: viscosidad Marsh, y densidad; los ensayos realizados sobre el sustrato: pH de la superficie, envejecimiento artificial acelerado, pH posterior al envejecimiento, y crecimiento de hongos; así como imágenes de microscopía y análisis económico.

A partir de los estudios realizados se determinó que la viscosidad de las muestras se comporta de forma similar en todas ellas, indicando que las fórmulas pueden utilizarse eficientemente como recubrimiento en las superficies mencionadas. La exposición al envejecimiento acelerado proporciona información necesaria para concluir que el uso de dichas pinturas inhibe el crecimiento de agentes patógenos en los mismos por un periodo de aproximadamente 2 años, por otro lado, el uso de cal viva o hidratada resulta indistinto para su utilización en la formulación. Y finalmente en materia económica, resulta un 24% más económico la utilización de pinturas base cal.

Palabras clave: cal como inhibidor de microorganismos, envejecimiento artificial acelerado, hidróxido de calcio, pH, pinturas base cal.

ABSTRACT. The objective of the research is to analyze the effect of pH and determine the temporary changes presented on the surface of an architectural element such as a wall, ceiling or column with flattening of cement-sand mortar in a fine finish coated with a lime-based paint in interiors of buildings, to determine their effectiveness as a coating material that inhibits microorganisms or pathogens.

Six formulations to study were determined, generally composed of quick or hydrated lime, water, salt and nopal resin or vinyl sealant as a binder.

The methodology presents the manufacturing process of paints and substrates; the tests carried out on paints in liquid state: Marsh viscosity, density; the tests carried out on the substrate: surface pH, accelerated artificial aging, post-aging pH, fungal growth; as well as microscopy images and economic analysis.

From the studies carried out, it was determined that the viscosity of the samples behaves similarly in all of them, indicating that the formulas can be used efficiently as a coating on the aforementioned surfaces. Exposure to accelerated aging provides information necessary to conclude that the use of these paints inhibits the growth of pathogens in them for a period of approximately 2 years, on the other hand, the use of quicklime or hydrated is indistinct for use in the formulation. And finally, economically, the use of lime-based paints is 24% cheaper.

Key words: lime as an inhibitor of microorganisms, accelerated artificial aging, calcium hydroxide, pH, lime-based paints.



lo largo de la historia, el diseño arquitectónico y el urbanismo han evolucionado en función de las necesidades de sus usuarios, y de igual forma, se han presentado adecuaciones en la arquitectura en relación con la salud e higiene de los habitantes, con el objetivo de mejorar las condiciones sanitarias de los espacios arquitectónicos en los que se reside.

La humanidad se ha enfrentado a múltiples enfermedades, cuyos procedimientos e indicaciones médicas para el tratamiento de éstas han estado acompañados de alteraciones en la configuración arquitectónica, con el propósito de implementar el tratamiento y cuidado necesarios. Como la tuberculosis, que de acuerdo con la arquitecta Beatriz Colomina, en su libro *X-RAY ARCHITECTURE* (2019), dicha enfermedad tuvo un gran impacto en la arquitectura moderna, de forma que Colomina plantea que las innovaciones en el diseño arquitectónico de dicha época se vieron influenciadas por la presencia de enfermedades perjudiciales para el habitante, y por lo tanto, se buscó hacer frente a éstas por medio de la arquitectura.

Paul Overy, en su libro *Light, Air and Openness* (2008), describe cómo las características del diseño moderno tuvieron su origen en hospitales y sanatorios, que servían para el tratamiento de enfermedades infecciosas como la tuberculosis, señala que las habitaciones se pintaron completamente de blanco para facilitar el proceso de limpieza (Overy, 2008). De igual forma, los diseños provistos de ornamentaciones comenzaron a desaparecer con el propósito

de eliminar los elementos difíciles de limpiar o lavar, para así evitar la acumulación de los gérmenes en los mismos. Principalmente en los espacios arquitectónicos más propensos a recibir organismos patógenos, como lo son los baños y las cocinas en la vivienda (Yuko, 2020).

Hoy día, ante la presente contingencia debido a la propagación infecciosa del virus SARS-CoV2, la University College London y el Hospital Great Ormond Street, en el Reino Unido, a través de un estudio publicado en la revista "Journal of Hospital Infection", lograron demostrar cómo el virus se propaga a través de las superficies de un hospital (Journal of Hospital Infection, 2020). Revelando así, que las superficies a las que el ser humano está expuesto en el interior de los edificios resulta potencialmente dañina para la salud, requiriéndose así una desinfección constante de estos.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), un desinfectante se define como un agente químico con la capacidad de destruir o inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos en fase vegetativa o no esporulada (OMS, 2004). En la actualidad, estos sirven como el principal aliado para mantener libre de bacterias, hongos y virus, tanto las superficies como los espacios en los que se desarrolla el hombre. Sin embargo, aunque son eficaces, existen factores determinantes que disminuyen su porcentaje de utilidad debido a un mal manejo de los mismos. Ya que es necesaria una limpieza previa a su aplicación, además que la efectividad depende de otros factores como el tipo de organismo, su forma de multiplicarse, y su resistencia en el medio ambiente, así como a las sustancias químicas que se le apliquen (Shuña & Lozano, 2016).

Además, el tiempo promedio de acción de los productos químicos para desinfección encontrados en el mercado es variable, con un promedio de aproximadamente 10 minutos, y la gran mayoría de estos se encuentran formulados para actuar de forma eficiente sobre superficies no porosas (United States Environmental Protection Agency, 2020), por lo cual su efectividad es baja en componentes arquitectónicos de los interiores como muros, techos, pisos, columnas, comúnmente fabricados de materiales porosos como el concreto y la

mampostería, por lo cual el uso de hidróxido de calcio como recubrimiento en estas superficies podría mejorar las condiciones de higiene.

Se puede concluir que, en el ámbito arquitectónico, resulta relevante estudiar los materiales con los que se recubren las superficies, ya que éstas son propensas a alojar organismos infecciosos de cualquier tipo, debido a la composición física y química de los acabados. Y de igual forma, es relevante el análisis de las características desinfectantes de materiales de fácil acceso a la población, que además puedan ser integrados en el diseño arquitectónico de los espacios interiores, como lo es la cal.

La cal es la sustancia obtenida por la calcinación de la roca caliza o dolomía, es un material que ha sido utilizado como prevención y tratamiento de enfermedades presentadas en los criaderos animales. En caso de un brote en las granjas, se ha utilizado para desinfectar los criaderos en las enfermedades como la fiebre aftosa, enfermedad de Aujeszky, Peste Porcina Africana, Gripe Aviar. Se utilizó cal viva y cal hidratada bajo los estándares de calidad de CL 90, CL80 (cal Cálcica) o DL85 (cal dolomítica) (Asociación Nacional de Cales y Derivado de España, 2009).

El uso de la cal como desinfectante está intrínseco en la cultura y costumbres, a lo largo de la historia se le ha dado múltiples usos y su efecto antibacterial y fungicida se ha adquirido de forma empírica (Ruiz, Ponce & Alvarado, 1995), sin embargo, se ha comprobado que dicha

propiedad se debe a su alta alcalinidad o pH, característica que no permite el desarrollo de organismos (Cerón & C., 2016). Actualmente existen múltiples formulaciones para pinturas realizadas a base de cal en el mercado, sin embargo, queda por estudiar y comprobar cuánto tiempo perdura el alto pH en las pinturas con agregado de cal.

METODOLOGÍA

Fabricación del sustrato de mortero cemento-arena en acabado fino

Para la fabricación de los paneles a estudiar se llevará a cabo la elaboración de marcos de madera de pino de 1” de espesor, a utilizar como cimbra, con las siguientes dimensiones: 20 x 20 cm. Para facilitar el desmolde y evitar que la mezcla se adhiera sobre la superficie de trabajo, los moldes deberán estar asentados sobre plástico de polietileno negro. La fabricación del mortero será con la dosificación establecida en la tabla 1, una vez vertida la mezcla sobre la cimbra, se dejará fraguar durante 2 horas para aplicar el acabado final del panel, para el cual se deberá humedecer la superficie y posteriormente con ayuda de una llana de esponja, se alisará la superficie para obtener el acabado fino (Ríos, 2016).

TABLA 1. DOSIFICACIÓN PARA FABRICACIÓN DE MORTERO.

Para 1 m³ de mortero	
Cemento	302 kg
Arena	1.20 m³
Agua	12 latas de 19 litros

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



FIGURA 1. APLICACIÓN DEL ACABADO FINO EN LOS SUSTRATOS.

FUENTE: FOTOGRAFÍA DE NATALIA FRANCO RUIZ. CIUDAD MADERO (2020).

Fabricación de la pintura

En la tabla 2 se presentan las muestras de pintura elaboradas con la dosificación utilizada de cada componente, así como el procedimiento de elaboración.



FIGURA 2. RESULTADO DE LAS MUESTRAS DE PINTURA FABRICADAS.
FUENTE. FOTOGRAFÍA DE NATALIA FRANCO RUIZ. CIUDAD MADERO (2020).

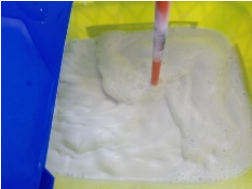


FIGURA 3. MEZCLA DE LA PINTURA CON AYUDA DE UN REVOLVEDOR PARA TALADRO.
FUENTE. FOTOGRAFÍA DE NATALIA FRANCO RUIZ. CIUDAD MADERO (2020).

TABLA 2. FORMULACIÓN DE MUESTRAS DE PINTURA.

Muestra	Formulación		Procedimiento
	Componentes	Dosificación	
1	Cal hidratada	40%	Mezclar el agua con la dosificación de cal establecida, continuando con la adición de sal de grano, en constante agitación. Finalmente, agregar la baba de nopal que actúa como adhesivo líquido (ver apartado “Extracción de mucílago de nopal”) o el sellador vinílico, según sea el caso. Se mezcla hasta que desaparezcan los grumos, con ayuda de un revolovedor de pintura para usar con taladro tipo espada de ½”.
	Sal de grano	3.5%	
	Adhesivo de nopal	0.1% (1g/litro de pintura)	
	Agua	1 litro	
2	Cal hidratada	1 kg	
	Agua	4 litros	
	Adhesivo de nopal	2 litros	
	Sal	1 taza	
3	Cal hidratada	9 kg	
	Agua	19 litros	
	Sellador vinílico	1 litro	
	Sal	0.250 kg	
4	Cal viva	40%	Realizar el proceso de apagado de la cal viva descrito en el apartado “Proceso de apagado del óxido de calcio”. Incorporar el resto de agua establecida en la dosificación, continuando con la adición de sal de grano en constante agitación. Finalmente, agregar la baba de nopal que actúa como adhesivo líquido (ver apartado “Extracción de mucílago de nopal”) o el sellador vinílico, según sea el caso. Se mezcla hasta que desaparezcan los grumos, con ayuda de un revolovedor de pintura para usar con taladro tipo espada de ½”.
	Sal de grano	3.5%	
	Adhesivo de nopal	0.1% (1g/litro de pintura)	
	Agua	1 litro	
5	Cal viva	1 kg	
	Agua	4 litros	
	Adhesivo de nopal	2 litros	
	Sal	1 taza	
6	Cal viva	9 kg	
	Agua	19 litros	
	Sellador vinílico	1 litro	
	Sal	0.250 kg	

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

La **CAL VIVA**, o **EL ÓXIDO DE CALCIO**, es un producto extraído de la **PIEDRA CALIZA**, se le denomina **CAL MUERTA** o **APAGADA** una vez realizado **EL PROCESO DE APAGADO** en el cual se le **AÑADE AGUA**.

Proceso de apagado del óxido de calcio

La cal viva, o el óxido de calcio, es el producto extraído de la piedra caliza, se le denomina cal muerta o apagada una vez realizado el proceso de apagado, en el cual se le añade agua. Esta operación debe ser realizada con precaución, debido a que la reacción química que tiene lugar es fuertemente exotérmica (Muñoz, 2020).

El apagado de la cal viva se lleva a cabo agregando 1 litro de agua por cada 400 gramos de cal, para la obtención de una pasta. Las proporciones de cal y agua presentes en dicha pasta serán tomadas en cuenta dentro de las dosificaciones establecidas para las muestras en los apartados siguientes.

Extracción de mucílago de nopal

Para obtener el mucílago de nopal es necesario recolectar pencas de nopal con mínimo dos años de edad, se cortan en trozos y por cada kilogramo de material vegetal se adicionan 1.5 litros de agua, y se deja reposar aproximadamente 12 horas. Una vez transcurrido el tiempo de reposo, es necesario aplastar los trozos para obtener completamente el extracto de nopal, finalmente, con ayuda de un colador, separar el líquido de los sólidos (Gómez & Rodríguez, 2015).

DESARROLLO DE ENSAYOS A APLICAR EN PINTURAS EN ESTADO LÍQUIDO

Viscosidad Marsh

Para determinar la viscosidad de las muestras a analizar se empleará la prueba de viscosidad de embudo Marsh. La viscosidad es una medida que está relacionada con las propiedades de flujo que tienen los fluidos, en este caso las pinturas con cal a estudiar. La prueba puede determinar cambios en las propiedades del fluido, a través de las medidas tomadas y registradas con regularidad. En este trabajo se decidió determinar la propiedad mediante esta prueba debido a las características del líquido, ya que está constituido por una fase dispersa



FIGURA 4. RESULTADO DEL PROCESO DE APAGADO DE LA CAL VIVA.
FUENTE: FOTOGRAFÍA DE NATALIA FRANCO RUIZ, CIUDAD MADERO (2020).



FIGURA 5. MUCÍLAGO DE NOPAL EXTRAÍDO.
FUENTE: FOTOGRAFÍA DE NATALIA FRANCO RUIZ, CIUDAD MADERO (2020).

y una líquida, de tal manera que se comporta como una mezcla coloidal o suspensión homogénea; otras técnicas son viables, pero debido a esta composición, la viscosidad Marsh es la técnica más adecuada.



FIGURA 6. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DE VISCOSIDAD.
FUENTE: FOTOGRAFÍA DE NATALIA FRANCO RUIZ, CIUDAD MADERO (2020).

De acuerdo al fabricante, “El embudo Marsh es de forma cónica; 152 mm de diámetro en la parte superior y 305 mm de longitud, con una capacidad de 1.500 cc. Un tamiz de malla 12 cubre la mitad de la parte superior, diseñado para eliminar las materias extrañas y los recortes de perforación del fluido. El fluido corre a través de un orificio fijo en la parte inferior del embudo y se recoge en la jarra de lodos. La taza de medición OFITE está graduada en onzas líquidas (2 a 32 oz) y centímetros cúbicos (100 a 1.000 cc) y está diseñada para utilizarse con el viscosímetro de embudo Marsh OFITE” (REFLEX Intelligence on Demand, 2019).

DESARROLLO DE ENSAYOS A APLICAR EN PINTURAS SOBRE EL SUSTRATO

Medición de pH de la superficie

Este procedimiento se realiza con ayuda de tiras de papel indicador marca CIVEQ. De acuerdo con las instrucciones del propio fabricante, el procedimiento para la medición del pH es tomar una tira y sumergirla en la solución o muestra que se esté analizando durante un segundo y comprobar el resultado obtenido comparándolo con los colores estandarizados incluidos en el empaque.

TABLA 3. ESPECIFICACIONES DEL CICLO ASTM G154 G.

Tipo de lámpara UVA-340 (Equipo: QUV/Spray)				
*N/A: No aplica				
Etap	Función	Irradiación (W/m²)	Temperatura (°C)	Clima (hh:mm)
1	UV	1.55	60	8:00
2	Spray	N/A	N/A	0:15
3	Condensación	N/A	50	3:45
4	Etapa final: repetir etapa 1.			

FUENTE: Q LAB 2017 (MARTÍNEZ & SÁNCHEZ, 2020).

Densidad

Se determina la densidad de las muestras por medio de una Balanza de lodos, la cual está estandarizada para los líquidos o fluidos con partículas en emulsión o fluido de alta viscosidad. Se evalúa con la ayuda de una balanza analítica, realizando tres lecturas de cada uno de los fluidos, para obtener un promedio (Ríos, 2016).



FIGURA 7. BALANZA DE LODOS FANN.
FUENTE: FOTOGRAFÍA DE NATALIA FRANCO RUIZ, CIUDAD MADERO (2020).

Debido a que las muestras a analizar son superficies, se indica la aplicación de agua desionizada sobre la muestra y sobre este líquido sumergir la tira.

Envejecimiento artificial acelerado

Con ayuda de una cámara QUV/Spray de envejecimiento acelerado, se colocan las muestras de acuerdo a las instrucciones del fabricante. La exposición de las muestras se lleva a cabo conforme al ciclo ASTM G 154 con las etapas presentadas en la tabla 6 (Martínez & Sánchez, 2020).



FIGURA 8. INTRODUCCIÓN DE LAS MUESTRAS A LA CÁMARA DE ENVEJECIMIENTO.
FUENTE: FOTOGRAFÍA DE NATALIA FRANCO RUIZ, CIUDAD MADERO (2020).

Para efectos de la presente investigación, las muestras se someten a 90 horas de exposición, completando así, siete ciclos que incluyen las tres etapas descritas anteriormente.

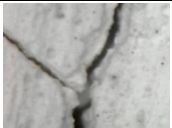
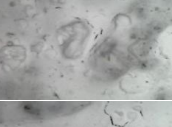
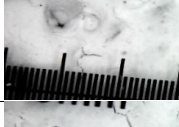
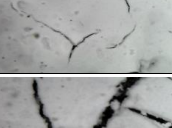
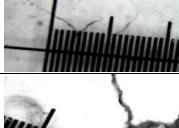
RESULTADOS

De acuerdo con las especificaciones de las fichas técnicas recolectadas de otras formulaciones de pinturas comerciales base cal, los resultados de las pruebas de laboratorio esperados son los siguientes:

- pH: 11-13 (valor en la pintura en estado líquido)
- Densidad: 1.20 – 1.67 g/m3
- Viscosidad: Brookfield RTV3 RPM10: 6000 cp ± 1000 cp

Se presenta en la tabla 4 el resumen de los valores obtenidos en cada una de los ensayos realizados a las muestras de pintura, tanto en estado líquido como sobre los sustratos realizados.

TABLA 4. RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS REALIZADOS.

Ensayos en pintura en estado líquido		Ensayos en pintura sobre el sustrato			Imágenes de microscopio		
Muestra		Viscosidad Marsh	Densidad	pH previo al EAA	pH posterior al EAA (12.5 años)	Superficie	Grietas
Pinturas con cal hidratada comercial	1	40.62 ± 0.74	1.13 ± 1.49	11	6		
	2	34.44 ± 0.26	1.12 ± 0.0	7	7		
	3		1.23 ± 0.0	12	7		
Pinturas con cal viva, sometida al proceso de apagado previo a la fabricación de la pintura	4	44.14 ± 0.39	1.183 ± 0.002	12	7		
	5	38.38 ± 0.13	1.18 ± 0.0	8	8		
	6	66.72 ± 1.81	1.20 ± 1.72	12	7		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Duración del efecto antibacterial del material

De acuerdo con los resultados obtenidos en cuanto a la medición del pH previo y posterior al envejecimiento acelerado se puede determinar un tiempo aproximado del efecto

inhibidor de microorganismos en las superficies. Sin embargo, es importante resaltar que resulta imposible obtener mediante fórmulas matemáticas un número específico de años equivalente a la cantidad de horas de exposición de las muestras al EAA.

Los resultados arrojados con la cámara de envejecimiento son comparables con resultados obtenidos en el envejecimiento natural del mismo material, y de igual forma es posible también comparar dichos resultados con los obtenidos en pruebas realizadas a materiales similares bajo las mismas condiciones y normatividad.

Para efectos de la presente investigación se estarán comparando los resultados con los obtenidos por Martínez-Loaiza y Sánchez-Medrano en el artículo “Variations in Mass and Resistance Due to Accelerated Weathering Effects in Concrete Specimens Used in Low-income Housing” (2020). En el artículo se describe que las pruebas se sometieron a 180 horas de intemperismo o envejecimiento acelerado, lo cual representa un aproximado de 25 años.

Se podría determinar que los resultados obtenidos para las muestras de pintura luego del EAA sometido por 90 horas equivale a un aproximado de 12.5 años, resultado así en los datos representados en la tabla 4.

Es importante también aclarar que la pérdida de pH no es un valor lineal o constante, pues se debe a múltiples factores relacionados con las condiciones climáticas y físicas del sitio donde se esté empleando el material.

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE HONGOS

Se tomó una muestra de hongo crecido en un pan, procedimiento realizado para acelerar el proceso de crecimiento del microorganismo y se aplicó una pequeña cantidad a las tres muestras realizadas y a una tableta de mortero sin recubrimiento para observar el comportamiento y crecimiento de los hongos sobre las superficies. Al momento de la evaluación visual no se encontró crecimiento de hongos o microorganismos, pero es necesario incrementar el tiempo de observación.

A partir de lo anterior se puede observar que los hongos o microorganismos crecen más rápido en otro tipo de superficies que en el recubrimiento que se está evaluando.



FIGURA 9. VISTA MICROSCÓPICA DEL HONGO UTILIZADO.
FUENTE: FOTOGRAFÍA DE NATALIA FRANCO RUIZ. CIUDAD MADERO (2020).

Análisis económico

TABLA 5. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS PINTURAS FABRICADAS.

Pintura/muestra	Concepto	Cantidad	Unidad	Costo	Costo directo	Costo indirecto (10%)	Utilidad (6%)	Precio unitario (1lt)
1	Insumos	1	lt	\$7.24				
	Mano de obra	0.157	hrs	\$29.37	\$61.60	\$6.16	\$3.70	\$71.46
	Envase	1	unidad	\$25.00				
	Precio para 19 litros							\$1,357.76
2	Insumos	1	lt	\$15.37				
	Mano de obra	0.157	hrs	\$29.37	\$69.73	\$6.97	\$4.18	\$80.89
	Envase	1	unidad	\$25.00				
	Precio para 19 litros							\$1,536.93
3	Insumos	1	lt	\$6.29				
	Mano de obra	0.157	hrs	\$29.37	\$60.66	\$6.07	\$3.64	\$70.36
	Envase	1	unidad	\$25.00				
	Precio para 19 litros							\$1,336.85
4	Insumos	1	lt	\$26.05				
	Mano de obra	0.21	hrs	\$39.28	\$90.33	\$9.03	\$5.42	\$104.79
	Envase	1	unidad	\$25.00				
	Precio para 19 litros							\$1,990.95
5	Insumos	1	lt	\$27.13				
	Mano de obra	0.21	hrs	\$39.28	\$91.41	\$9.14	\$5.48	\$106.03
	Envase	1	unidad	\$25.00				
	Precio para 19 litros							\$2,014.61
6	Insumos	1	lt	\$27.46				
	Mano de obra	0.21	hrs	\$39.28	\$91.74	\$9.17	\$5.50	\$106.41
	Envase	1	unidad	\$25.00				
	Precio para 19 litros							\$2,021.88

FUENTE: Q LAB 2017 (MARTÍNEZ & SÁNCHEZ, 2020).

A partir de los insumos utilizados, el tiempo empleado y las herramientas necesarias para la elaboración de cada una de las muestras, se obtuvo un costo de fabricación, agregando además un porcentaje de utilidad. Por lo que, de acuerdo con lo observado en el análisis económico, es posible afirmar que la elaboración de estas pinturas resulta más económica que el utilizar pinturas comerciales, ya que de acuerdo a la tabla 5, el costo promedio de las pinturas fabricadas es de \$90.00 por litro, en contraparte, si se compara con pinturas de formulación y características similares encontradas en el mercado, el promedio del costo de éstas resulta de \$112.00 por litro.

CONCLUSIONES

A partir de los análisis, resultados y discusiones presentadas en los capítulos anteriores se puede determinar que la viscosidad observada en las muestras se comporta de forma similar en todas las muestras, a excepción de una de ellas. Lo anterior indica que, debido a la semejanza observada, las fórmulas pueden utilizarse eficientemente como recubrimiento en las superficies mencionadas.

La exposición al envejecimiento acelerado del material evaluado proporciona la información necesaria para determinar la durabilidad del recubrimiento en un periodo de aproximadamente 12.5 años, y además para efectos de la investigación determina la durabilidad del pH y su efecto como inhibidor de microorganismos.

A partir de lo anterior, se puede concluir que el uso de pinturas artesanales base cal sirve como recubrimiento en muros y además inhibe el crecimiento de agentes patógenos en los mismos por un periodo de aproximadamente 2 años.

De acuerdo con lo observado en el uso de cal hidratada o cal viva sometida al apagado previo a la fabricación de pinturas, se muestra que los valores e pH se mantienen de forma general constantes en las distintas fórmulas estudiadas, y principalmente se ve un cambio en la viscosidad y densidad de las fórmulas al utilizar cal hidratada comercial o cal viva. Por lo cual, el uso de cal hidratada o viva resulta

indistinto para su aplicación como material inhibidor de microorganismos.

Las muestras 1 y 4, elaboradas a base de cal, sal, adhesivo de nopal y agua, siguiendo el procedimiento y las proporciones planteadas por Gómez & Rodríguez (2015), presentan un comportamiento eficiente, que cumple con los objetivos planteados en la presente investigación.

En cuestiones de economía, se determinó que en la elaboración de forma artesanal para autoconstrucción resulta más barato la utilización de cal hidratada comercial puesto que la cal viva resulta un tanto inaccesible al público en general. Por otro lado, de forma industrializada, el uso de la cal viva podría resultar mayormente beneficioso.

Así mismo, los resultados obtenidos en la presente investigación son comparables con los precios obtenidos en el mercado al público en general, y se puede determinar que resulta un 24% más económico la realización de las pinturas artesanales base cal.

Durante el tiempo de observación y análisis del presente trabajo de investigación no se encontró evidencia del crecimiento de hongos o agentes patógenos en los sustratos recubiertos con las pinturas analizadas, por lo cual se recomienda ampliar el tiempo de investigación y observación que permita establecer las condiciones de exposición, clima, humedad, etc., para la proliferación de microorganismos sobre las muestras analizadas.

A partir de lo anterior,
SE PUEDE CONCLUIR
que el uso de pinturas
artesanales
BASE CAL
sirven como recubrimiento
EN MUROS *y además* **INHIBE**
EL CRECIMIENTO *de* **AGENTES**
PATÓGENOS *en los*
mismos por **UN PERIODO**
de aproximadamente
2 AÑOS.

FUENTES DE CONSULTA

Asociación Nacional de Cales y Derivado de España (2009), *Guía práctica sobre el uso de la cal en la prevención y control de la gripe aviar, fiebre aftosa y otras enfermedades infecciosas*, EuLA aishl (Asociación Europea de la Cal), Madrid.

Cerón, L. & C., B. (2016), *Puesta en valor de la pintura de cal: análisis y caracterización de prototipo de pintura*, Escola Politecnica Superior d'Edificació de Barcelona - Universidad de Catalunya, Barcelona.

Gómez, X. M. & Rodríguez, L. V. (2015), *Paredes Blancas, una alternativa digna: pintura natural a base cal y nopal*, AMECIDER – CRIM, UNAM, Cuernavaca.

Journal of Hospital Infection (2020), COVID-19 pandemic e let's not forget surfaces, *Journal of Hospital Infection*, pp. 790-791.

Martínez, A. & Sánchez, M. T. (2020), Effects on Reinforced Concrete Slabs by. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering* (IJITEE), pp. 2314-2318.

Muñoz, M. (2020), Procesamiento de materiales conglomerantes: cal, yeso y cemento. Disponible en <http://hdl.handle.net/10251/146535>, consultado el 14 de mayo de 2021.

Organización Mundial de la Salud (OMS) (2004), *Formulario Modelo de la OMS 2004*, Ars Medica, España.

Overly, P. (2008), *Light, Air and Openness: Modern Architecture between the Wars*, Thames & Hudson, Londres.

REFLEX Intelligence on Demand (2019), *Embudo marsh y taza medidora*. REFLEX Intelligence on Demand. Disponible en <https://reflexnow.com/embudo-marsh-y-taza-medidora/#:~:text=El%20embudo%20Marsh%20es%20un,comprobar%20la%20viscosidad%20del%20fluido.&text=El%20fluido%20ocorre%20a%20trav%C3%A9s,en%20la%20jarra%20de%20lodos>, consultado el 14 de mayo de 2021.

Ríos, E. (18 de mayo de 2016), *Pintura a base de cal para vivienda de interés social en el estado de Aguascalientes*. Aguascalientes, México.

Ruiz, C. M., Ponce, A. C. & Alvarado, F. J. (1995), "Efecto bactericida de la cal hidratada en solución acuosa", *Revista Panamericana de Salud Pública*, vol. 14, núm.15, pp. 150-163.

Shuña, M. G. & Lozano, J. T. (2016), "Capacidad antibacteriana de cuatro desinfectantes comerciales sobre cepas de *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus* aisladas del hardware de computadoras del Hospital César Garayar – Iquitos", Repositorio Institucional Digital UNAP.

United States Environmental Protection Agency (2020), *List N: Disinfectants for Use Against SARS-CoV-2 (COVID-19)*. United States Environmental Protection Agency, United States.

Yuko, E. (2020), *Cómo las enfermedades infecciosas transformaron el diseño y tecnología del baño del hogar*. Federación Panamericana de Asociaciones de Arquitectos. Disponible en <https://fpaa.site/2020/04/20/como-las-enfermedades-infecciosas-transformaron-el-diseno-y-tecnologia-del-bano-del-hogar/>, consultado el 14 de mayo de 2021.