

Evaluación de un impermeabilizante a base de nejayote para su uso en azoteas de una casa habitación

Olea Mendoza, José Leonel

2022

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/5526>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

Evaluación de un impermeabilizante a base de nejayote para su uso en azoteas de una casa habitación

Olea Mendoza José Leonel (sexto semestre en Ingeniería Civil)^{1,*}, Ruiz Acosta Alejandro (sexto semestre en Ingeniería Automotriz)¹, Sánchez Alejo Ana Cristina (sexto semestre en Ingeniería Civil)¹, Silva González Alejandro (sexto semestre en Ingeniería Civil)¹ Rocío Ramírez Rodríguez (profesor responsable)¹.

¹Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

Resumen

El nejayote es un líquido alcalino que al ser desechado es contaminante, deteriora el alcantarillado y no se aprovechan sus propiedades. Con el objetivo de formular un impermeabilizante ecológico a base de nejayote que pueda ser utilizado en las azoteas de una casa habitación. La investigación busca rescatar los impermeabilizantes tradicionales que han sido empleados en la autoconstrucción desde siglos pasados y que utilizan cal junto con otros materiales naturales. Este principio nos permite propiciar la idea de sustituir el uso de la cal con el nejayote, aprovechando sus propiedades y evitando su desecho a los drenajes y al entorno como se ha venido haciendo a lo largo del tiempo debido a que no hay una gestión adecuada de este residuo.

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que el nejayote tiene propiedades para ser empleado en la elaboración de un impermeabilizante ecológico para ello, se realizaron cuatro muestras, dos conteniendo agua y cal, mientras que, las otras dos sustituyendo el uso de estos ingredientes por nejayote. El diseño experimental consistió en placas de ladrillo recocido, se evaluaron propiedades de rendimiento, permeabilidad y absorción, con esta última se determinó que el mucílago de sábila con nejayote presentaba los mejores resultados, se realizaron cuatro nuevas formulaciones empleando el mucílago de sábila y diferentes medidas de nejayote donde la absorción mejoró con 8.38% mínimo y 20.61% máximo. Finalmente, se aplicó la mezcla a placas de concreto obteniendo una absorción de 8.16% y 9.25%, con rendimiento de 0.5 l/m² y permeabilidad de 0%.

Palabras clave: Impermeabilizante ecológico, impermeabilizantes tradicionales, nejayote, rendimiento, permeabilidad, absorción.

***Autor Corresponsal:** joseleonel.olea@iberopuebla.mx

Introducción

El nejayote, del náhuatl *nextli*, ceniza y *ayotl*, líquido, es el residuo obtenido del proceso de nixtamalización del maíz donde se cuece el maíz en agua y cal (hidróxido de calcio Ca(OH)₂) [1].

En México, a nivel nacional cada año se producen aproximadamente 50 millones de m³ de nejayote esto es debido a la gran cantidad de nixtamal producido para la elaboración de tortillas de maíz, que es la base de la dieta alimenticia de la población mexicana [2].

El agua del nejayote es muy contaminante por su carga inorgánica elevada que genera demandas bioquímicas de oxígeno (DBO₅) de orden de 7,000 a 10,000 mg O₂/L, misma que las normativas ambientales señalan no rebasar los 200 O₂/L [1]. Presenta sales de calcio, un pH mayor a 11, altas concentraciones de sólidos suspendidos y en solución (aproximadamente 2% de sólidos totales) [1,3].

Usualmente, este líquido es vertido directamente al drenaje o al entorno. Aunado a esto, en México “no se cuenta con una estrategia estandarizada para el manejo de este subproducto, sobre todo porque el 50% de este efluente se produce en pequeñas tortillerías locales” [4].

En los últimos años se han buscado alternativas para evitar desechar el nejayote y reutilizarlo. Algunas propuestas son: la elaboración de un protector solar, o sustratos para la germinación de semillas de maíz [2,5]. Sin embargo, aun no se han desarrollado ni mostrado popularidad.

Los impermeabilizantes son “sustancias que cortan el paso del agua y son usados para eliminar o reducir la porosidad

del material, llenando filtraciones y aislando la humedad” [6].

En la década de 1960 se desarrollaron nuevos materiales que inducen la transformación de la industria del plástico, logrando el descubrimiento de la fibra de vidrio, material que permite aplicaciones en diferentes ámbitos y puntualmente en el área de los impermeabilizantes, obteniendo un enmallado de fibra de vidrio fina y de espesores muy delgados, y que implica ser el principio de los impermeabilizantes de membrana prefabricada, mejor llamada como membrana de refuerzo de fibra de vidrio [6]. La mayoría de los impermeabilizantes están hechos a base de neumáticos, compuestos de asfalto disuelto en solventes (como cargas minerales, fibras sintéticas y solventes orgánicos) o emulsionado con agua, siendo un riesgo potencial como puede ser daño en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas en contacto con la piel o por inhalación, se pueden crear nuevas leyes que impidan la recolección de neumáticos fuera de uso o adjudiquen esta labor a una empresa privada, por otra parte, la entrada de multinacionales que se dediquen a trabajar en el mismo sector puede ocasionar disminución en las ventas [7].

Los impermeabilizantes más utilizados son:

- A base de agua: el precio oscila entre los \$10 hasta los \$42 pesos el litro. Su administración no es apta para zonas con climas fríos o donde la lluvia es constante.
- A base de solventes: el precio aproximado es de \$160 pesos el litro, se aplica en casi cualquier superficie, sin embargo, es tóxico e inflamable al

momento de aplicación y secado, lo que lo hace peligroso para el aplicador, llegándoles a causar enfermedades respiratorias a largo plazo.

- c) Impermeabilizantes ecológicos: algunos se fabrican a base de neumáticos reciclados, ayudando a reducir un foco de contaminación que son las llantas, pero no soportan los cambios de temperatura, reduciendo su vida útil y si no se aplica correctamente, se empieza a fisurar.

Por otro lado, existen propuestas de impermeabilizantes naturales, que hacen uso de diversas materias primas naturales como jabón neutro en barra, piedra alumbre disuelta en agua y cal.

La ventaja de estos impermeabilizantes es que “son muy efectivos sobre superficies que no requieren resanes y no presentan mal estado estructural, la desventaja es que cuando un enladrillado ha fallado o simplemente se ha fisurado o presente agrietamientos no vuelve a funcionar adecuadamente” [6].

Aunque ya existen impermeabilizantes ecológicos en la industria, algunos se fabrican a base de neumáticos reciclados, ayudando a reducir un foco de contaminación que son las llantas, pero no soportan los cambios de temperatura, reduciendo su vida útil y si no se aplica correctamente, se empieza a fisurar en un año [8]. Aunque “no contienen plomo ni algún tipo de solventes tóxicos”, no hay una especificación del proceso de pulverizado de llanta, sin embargo, este podría producir emisiones de dióxido de carbono si se hace mediante vulcanizado, aumentando el efecto de gas invernadero [9].

Aparte de los impermeabilizantes naturales, se tienen a los impermeabilizantes tradicionales. En países como México, la forma de impermeabilizar, antes de la llegada de la industria petrolera en 1904, consistía en el uso de terrados cuyo sistema era un entepiso formado por traves de madera, loseta de barro tipo cuarterón hecho a mano y una capa de tierra compactada posteriormente se aplicaba una solución de alumbre que permitía lograr una superficie impermeable, además, de materiales como [10]:

Mucílago de sábila y de nopal, tienen componentes químicos como calcio, potasio, sílice, hierro, aluminio, magnesio, etcétera. Mismas que funcionan para comprimir el cemento y hacerlo impermeable [10].

Alumbre, mineral compuesto por aluminio y potasio. Endureciendo y haciendo resistente al jabón, además de ser útil como estabilizador [10].

Jabón, es la sal sódica o potásica de un ácido graso y este puede ser de origen vegetal o animal, que ayuda a repeler el agua, evitando así una textura diferente y tener adhesión a la muestra [10].

Derivado de lo anterior, el presente proyecto propone crear una alternativa a los impermeabilizantes convencionales, retomar la cultura de los impermeabilizantes tradicionales y a fin de reutilizar el agua residual de la nixtamalización, se busca formular un impermeabilizante ecológico, para ello:

Primero, investigar las características fisicoquímicas del nejayote, y así saber que materiales usar para la fabricación del impermeabilizante.

Segundo, determinar las proporciones de los materiales (nejayote, jabón, mucílago de sábila, alumbre) para la elaboración del impermeabilizante ecológico.

Tercero, determinar la adherencia, absorción y permeabilidad del impermeabilizante.

Experimentación

Propiedades del nejayote

El nejayote se obtuvo de una tortillería local en el estado de Tlaxcala mismo que resultó de la elaboración del nixtamal con 5 litros de agua y 10 gr de cal por cada kilo de maíz y se dejó reposar durante 12 horas.

El análisis fisicoquímico de las propiedades del nejayote se obtuvo mediante referencias bibliográficas.

Elaboración del impermeabilizante

Para poder comparar la efectividad del nejayote en el desarrollo de un impermeabilizante, se elaboraron cuatro formulaciones diferentes que se presentan en la Tabla 1. La formulación 1 y 2 se contienen con agua y cal; mientras que la 3 y 4 contienen nejayote.

Tabla 1. Formulaciones de impermeabilizantes

Ingrediente	Formulación			
	1	2	3	4
	cantidad (gr/ml)			
Mucílago de Sábila	60	---	100	---
Mucílago de Nopal	---	60	---	100
Agua	700	700	---	---
Cal	150	150	---	--
Nejayote	---	---	750	750
Alumbre	50	50	75	75
Jabón	40	40	75	75

El procedimiento para elaborar los impermeabilizantes consistió en calentar el agua o nejayote, una vez que se calentó hasta los 70° C se incorporó el jabón previamente cortado y se mezcló con el calor hasta que el jabón se diluyó y se incorporó. Mientras la mezcla se enfriaba, en un recipiente se mezcló el mucílago de sábila o nopal, con el alumbre y de ser requerida la cal. Una vez fría la mezcla agua-jabón, se incorporaron las diferentes mezclas y se revolvió hasta que los grumos desaparecieron.

Ensayos

Los ensayos de los impermeabilizantes se realizaron en placas de barro cocido con dimensiones de 22.7 x 11.7 x 1.7 cm, se decidió hacer uso de este tipo de placas por su facilidad de acceso y porque son porosas, característica que permite mayor filtración de agua. Cada mezcla se aplicó en tres placas.

Para simular una losa de azotea de una casa habitación se elaboraron tres placas de concreto (cemento-arena-agua-grava) de 20 x 20 x 1.5 cm con una resistencia $f'c=250$ kg/cm², reforzadas con malla electrosoldada. Se pusieron a

secar por 48 horas a la intemperie. Posteriormente se curaron a los 3, 7, 14 y 28 días para que alcancen su resistencia máxima.

Para aplicar el impermeabilizante en las placas se utilizó una brocha seca de 2" con cerdas de resina epóxica.

Rendimiento

Consiste en el número de metros cuadrados que se pueden pintar con un litro de impermeabilizante, tomando en cuenta las manos que vamos a dar a la superficie.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Impermeabilizante utilizado (l)}}{\text{Superficie pintada (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

Absorción

Para la prueba de absorción nos basamos en la metodología que siguió la Profeco con impermeabilizantes convencionales. La prueba consiste en sumergir las placas con impermeabilizante seco en agua de la llave por 7 días, al final, por diferencia de pesos se determinará el porcentaje de absorción (mismo que no deberá ser mayor al 20%, según las normativas vigentes). Los datos se registraron 1 hr, 1 día, 3 y 7 días después de sumergidas las placas [11].

$$\% \text{ absorción} = \frac{P_{ss} - P}{P} \times 100 \quad (2)$$

Dónde:

P: Peso en gramos de la muestra seca.

Pss: Peso en gramos de la muestra interiormente saturada.

Permeabilidad

Hace referencia a la cantidad de agua que se dejará pasar cuando esté seca la membrana que forma el impermeabilizante sobre las superficies [11]. Esta prueba tiene gran importancia, ya que sus resultados indican si existe la posibilidad de que el agua proveniente de lluvias o escurrimientos superficiales penetre a través de las grietas o intersticios que presenta la placa, provocando un humedecimiento de esta y la filtración del agua [12].

Esta prueba consistió en colocar entre un anillo de lámina (10.5 cm de diámetro interior y 2 cm de altura) y la placa de concreto un cordón de 2 cm de diámetro de plastilina para sellar y se presionó con los dedos para obturar los huecos que quedan entre el anillo y la placa impidiendo las fugas de agua que se colocó posteriormente en el anillo.

En el centro del depósito se colocó un cono (1.8 cm de altura y 2.03 cm de diámetro en la base) y se vació el agua rápidamente hasta el nivel marcado por el vértice del cono. Una vez lleno el depósito hasta la altura indicada se agregó agua de la probeta graduada, para compensar la pérdida habida por filtración en la cantidad necesaria para mantener constante el nivel por un periodo de 10 minutos que se contaran a partir del momento en el que se alcanzó por primera vez la altura especificada, en la Tabla 2 se muestran los criterios de aceptación [12].

$$\text{Índice de permeabilidad} = \frac{V_f}{V_t} \times 100 = 0.64V_f \quad (3)$$

Dónde:

V_f : Volumen filtrado durante el tiempo de prueba de 10 minutos, en 10 cm³.

V_t : Volumen total del depósito, igual a 156 cm³ para las dimensiones especificadas.

Tabla 2. Criterios de penetración para determinar la permeabilidad

Penetración en ml en 10 minutos	Estimación
>3.0	Permeabilidad muy alta
2.4-3.0	Permeabilidad alta
1.0-2.4	Mediana permeabilidad
0.4-1.0	Baja permeabilidad
0.2-0.4	Impermeabilidad relativa
0.1-0.2	Impermeable
<0.1	Sin actividad capilar

Resultados y Discusión

Características fisicoquímicas del nejayote

Las características del nejayote se muestran en la Tabla 3, misma que presenta características que habíamos definido en la introducción; un alto contenido de materia orgánica, una demanda bioquímica de oxígeno que supera el orden de 7,000 a 10,000 mg O₂L y un pH > 11 caracterizándose por ser una sustancia alcalina.

Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas del nejayote. El significado de las siglas NTU, unidad nefelométrica de turbidez (por sus siglas en inglés); DQO, demanda química de oxígeno [2].

Parámetros	Nejayote crudo
pH	11.2
Color	Amarillo
Turbidez (NTU)	1,072
Sólidos totales (%)	1.08
DQO (mg/L)	17,146
Materia orgánica (%)	61.48
Conductividad eléctrica (dS/m)	3.95
Nitrógeno total (%)	0.08
Fósforo (%)	0.015
Potasio (%)	0.001
Calcio (%)	0.941
Magnesio (%)	0.174
Hierro (%)	0.0011

Absorción

La Tabla 4 expone los valores correspondientes a la absorción de las primeras cuatro formulaciones, mismas que se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 4. Absorción de los impermeabilizantes. El intervalo \pm representa el promedio y la desviación estándar. $n = 3$.

Muestras	Peso seco	1 hora			1 día		
		Peso seco mojado	Absorción min	Absorción max	Peso seco mojado	Absorción min	Absorción max
Sin Impermeabilizante	687.33 \pm 15.58	811.00 \pm 18.55	13.0%	23.0%	825.33 \pm 19.91	14.9%	25.2%
Mucílago de Sábila, Cal, Alumbre, Jabón, Agua	678.67 \pm 34.87	792.67 \pm 26.51	7.8%	25.8%	819.00 \pm 41.30	9.5%	31.9%
Mucílago de Nopal, Cal, Alumbre, Jabón, Agua	683.67 \pm 9.74	809.00 \pm 15.94	14.6%	22.1%	825.67 \pm 11.90	17.6%	23.9%
Mucílago de Sábila, Nejayote, Alumbre, Jabón	725.67 \pm 32.07	873.00 \pm 38.19	10.6%	30.0%	874.67 \pm 37.72	10.9%	30.1%
Mucílago de Nopal, Nejayote, Alumbre, Jabón	684.00 \pm 6.16	749.33 \pm 6.34	7.7%	11.4%	823.33 \pm 7.41	18.4%	22.4%
Muestras	Peso seco	3 días			7 días		
		Peso seco mojado	Absorción min	Absorción max	Peso seco mojado	Absorción min	Absorción max
Sin Impermeabilizante	687.33 \pm 15.58	830.00 \pm 19.30	15.7%	25.8%	835.67 \pm 20.14	16.0%	27.4%
Mucílago de Sábila, Cal, Alumbre, Jabón, Agua	678.67 \pm 34.87	821.67 \pm 40.75	9.9%	32.2%	832.67 \pm 41.35	10.9%	35.8%
Mucílago de Nopal, Cal, Alumbre, Jabón, Agua	683.67 \pm 9.74	828.33 \pm 12.81	17.9%	24.5%	839.33 \pm 12.23	19.3%	26.4%
Mucílago de Sábila, Nejayote, Alumbre, Jabón	725.67 \pm 32.07	880.33 \pm 38.69	11.6%	31.1%	889.00 \pm 38.91	12.2%	33.8%
Mucílago de Nopal, Nejayote, Alumbre, Jabón	684.00 \pm 6.16	829.67 \pm 7.85	19.2%	23.3%	837.67 \pm 7.36	20.3%	24.7%

Las absorciones máximas superan en todo momento el 20% que por reglamento este impide que no puede ser usado. Sin embargo, entre todos los intervalos el que en todo momento presentó menor absorción fue la muestra de Mucílago de Nopal-Nejayote, por lo cual se crearon nuevas formulaciones variando la cantidad de nejayote que se muestran en la Tabla 5 y se analizaron las muestras, siendo la mejor la proporción de 850 nejayote, 60 mucílago de nopal, 50 alumbre y 40 jabón, cuya absorción máxima se presenta en la Tabla 6 y corresponde a 16.74%, siendo menor a la absorción establecida por el reglamento.

Tabla 5. Formulaciones con diferentes medidas de nejayote

Ingrediente	Formulación			
	1	2	3	4
	cantidad (gr/ml)			
Mucílago de Nopal	100	60	80	40
Nejayote	750	850	800	900
Alumbre	75	50	65	35
Jabón	75	40	55	25

Tabla 6. Absorción del impermeabilizante que presentó mejor absorción en la Tabla 5 aplicado a placas de barro cocido. El intervalo \pm representa el promedio y la desviación estándar. $n = 3$.

		<i>1 hora</i>			<i>1 día</i>		
<i>Muestras</i>	<i>Peso seco</i>	<i>Peso seco mojado</i>	<i>Absorción min</i>	<i>Absorción max</i>	<i>Peso seco mojado</i>	<i>Absorción min</i>	<i>Absorción max</i>
850 Nejayote, 60 Mucilago De Nopal, 50 Alumbre, 40 Jabón	1171.33 \pm 35.91	1267.00 \pm 40.42	1.7%	14.7%	1275.00 \pm 39.06	2.4%	15.3%
Sin Impermeabilizante	1283.67 \pm 103.09	1398.67 \pm 116.4	0.0%	26.1%	1411.00 \pm 39.06	0.0%	21.0%
		<i>3 días</i>			<i>7 días</i>		
<i>Muestras</i>	<i>Peso seco</i>	<i>Peso seco mojado</i>	<i>Absorción min</i>	<i>Absorción max</i>	<i>Peso seco mojado</i>	<i>Absorción min</i>	<i>Absorción max</i>
850 Nejayote, 60 Mucilago De Nopal, 50 Alumbre, 40 Jabón	1171.33 \pm 35.91	1279.67 \pm 39.75	2.8%	15.7%	1285.33 \pm 40.20	3.1%	16.7%
Sin Impermeabilizante	1283.67 \pm 103.09	1415.33 \pm 39.75	0.0%	21.4%	1426.67 \pm 40.20	0.0%	24.3%

Como la formulación 3 presentó los mejores resultados en cuanto a la absorción, entonces se volvió a poner a prueba en placas de concreto, los resultados se muestran en la Tabla 7,

sin embargo, en la Figura 1 podemos darnos cuenta de que el panorama fue positivo al término de los 7 días de la prueba.

Tabla 7. Absorción del impermeabilizante que presentó mejor absorción en la Tabla 5 aplicado en placas de concreto. El intervalo \pm representa el promedio y la desviación estándar. $n = 3$.

		<i>1 hora</i>		<i>1 día</i>	
<i>Muestras</i>	<i>Rendimiento</i>	<i>peso seco</i>	<i>absorción</i>	<i>absorción</i>	<i>absorción</i>
Sin Impermeabilizante	-	1283.67 \pm 103.09	8.94% \pm 0.68%	9.90% \pm 0.69%	
850 Nejayote, 60 Mucilago De Nopal, 50 Alumbre, 40 Jabón	0.5	1171.33 \pm 35.91	8.16% \pm 0.18%	8.85% \pm 0.09%	
		<i>3 días</i>		<i>7 días</i>	
<i>Muestras</i>	<i>Rendimiento</i>	<i>del peso seco</i>	<i>absorción</i>	<i>absorción</i>	<i>absorción</i>
Sin Impermeabilizante	-	1283.67 \pm 103.09	10.24% \pm 0.80%	11.18% \pm 1.11%	
850 Nejayote, 60 Mucilago De Nopal, 50 Alumbre, 40 Jabón	0.5	1171.33 \pm 35.91	9.25% \pm 0.06%	9.73% \pm 0.08%	

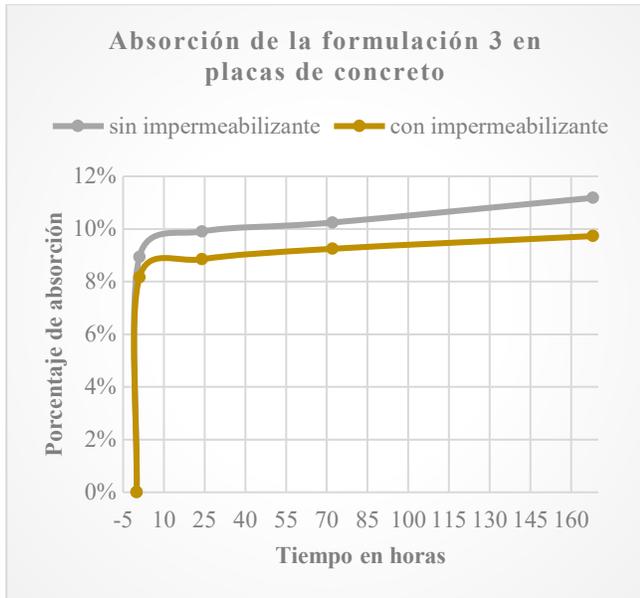


Figura 1. Absorción de la formulación 3 de la Tabla 4 en placas de concreto. La gráfica nos muestra el incremento de la absorción conforme el paso de los 7 días que dura la prueba, pese a que esta incrementa para ambos casos, la absorción de la placa con impermeabilizante en todo momento se mantuvo por debajo de la absorción de la placa sin impermeabilizante.

Permeabilidad

La mezcla de 850 ml de nejayote, 60 gr de mucílago de nopal, 50 gr de alumbre y 40 gr de jabón se aplicó sobre una placa de concreto misma que se sometió a una prueba de permeabilidad como se muestra en la figura 1.



Figura 2. Prueba de permeabilidad en placa de concreto. La imagen nos muestra el término de la prueba en la que podemos observar que el nivel del agua se mantuvo hasta el tope del cono.

Sustituyendo en la fórmula 3 correspondiente al índice de permeabilidad y al no haberse filtrado ningún volumen de agua, este resulta en 0% lo que indica que la prueba no tuvo actividad capilar.

$$\text{Índice de permeabilidad} = \frac{0}{156} \times 100 = 0.64(0) = 0\% \quad (4)$$

Conclusiones, perspectivas y recomendaciones

En conclusión, los resultados del proyecto y la metodología planteada nos muestran que el nejayote tiene propiedades que pueden ser utilizadas en la elaboración del impermeabilizante, el uso de este residuo en la elaboración de impermeabilizantes tradicionales como sustitutos del agua y cal, permiten evitar el desperdicio de este, al reutilizarlo, demostrando que en esta sustitución se tuvieron mejores resultados en cuanto a absorción a comparación de los impermeabilizantes tradicionales hechos con cal y agua, teniendo absorción máxima de 16.74% contra un 24.25% de absorción sin impermeabilizante y contra los impermeabilizantes tradicionales de agua cal, los cuales son bastantes inestables debido a su alto rango de absorción, la máxima absorción de estos impermeabilizantes es de 35.76% mientras que la menor es de 10.94% aunado con el hecho de que los rangos de impermeabilización eran menores (mayor a la absorción mínima de nuestra muestra, siendo esta de 3.14%).

Las pruebas de absorción y permeabilidad demuestran la capacidad de este impermeabilizante, sin embargo, aún se tiene que seguir trabajando, aunque los resultados fueron objetivos y se encuentran por debajo de lo obtenido en las placas sin impermeabilizante, la diferencia en contra de los otros impermeabilizante es mínima, permitiendo que se pueda mejorar el proyecto y/o incluso abrir la oportunidad a que la brecha de rango sea cada vez menor. Esta incógnita abre nuevas oportunidades para la investigación, en las que se tenga que investigar la adherencia del impermeabilizante. Sin embargo, es importante recalcar que los impermeabilizantes son un elemento extra para evitar las filtraciones a las azoteas, pues desde su diseño se establecen bajadas de aguas pluviales, parteaguas y pendientes que eviten la acumulación del agua en las mismas, lo que nos hace entender que el impermeabilizante será una barrera protectora y que se espera que la acumulación de agua no sea excesiva.

Referencias

1. Reyes, M., Aceves, A., Martínez, A. y Assaf, A. **Investigación, desarrollo tecnológico e innovación para el cuidado y reuso del agua.** *Cideteq.* <https://www.redalyc.org/pdf/417/41724972009.pdf> (Activo Enero de 2022).
2. Téllez, V., López, J., Aragón, A., Zayas, M. **Lodos residuales de nejayote como sustratos para la germinación de semillas de maíz azul criollo.** *Revista Internacional de Contaminación Ambiental.* <https://www.redalyc.org/journal/370/37057103003/html/> (Activo Febrero de 2022).
3. López, E. **¿Sabías que el nejayote es un biopolielectrolito?** *Cideteq.* <https://www.cideteq.mx/CentrodeInformacion/2018/10/22/sabias-que-el-nejayote-es-un-biopolielectrolito/> (Activo Febrero de 2022).
4. Antunes, M. y Gutiérrez, J. **El nejayote: un residuo de maíz pero benéfico para la salud.** *Tecnológico de Monterrey.* <https://transferencia.tec.mx/2021/05/21/el-nejayote-un-residuo-benefico-para-la-salud-y-clave-de-la-economia-circular/> (Activo Febrero de 2022).
5. Delfino, L. y Rosales, A. **Para-SOL.** *Tecnológico de Estudios Superiores de Jilotepec.* <http://expociencias.com.mx/ver-17/project/para-sol/> (Activo Febrero de 2022)
6. Espinoza, A. y Soto, M. **Caracterización técnica económica para la implementación de impermeabilizantes naturales en vivienda de autoconstrucción popular y de interés social.** *Universidad Autónoma de Aguascalientes.* https://www.researchgate.net/profile/Ariel-Espinoza-Canales/publication/303326283_CARACTERIZACION_TECNICA_ECONOMICA_PARA_LA_IMPLEMENTACION_DE_IMPERMEABILIZANTES_NATURALES_EN_VIVIENDA_DE_AUTOCONSTRUCCION_POPULAR_Y_DE_INTERES_SOCIAL/links/573ce09508ae9ace840fe7d0/CARACTERIZACION-TECNICA-ECONOMICA-PARA-LA-IMPLEMENTACION-DE-IMPERMEABILIZANTES-NATURALES-EN-VIVIENDA-DE-AUTOCONSTRUCCION-POPULAR-Y-DE-INTERES-SOCIAL.pdf (Activo Febrero de 2022).
7. S/A. **Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa.** *Emulsión Asfáltica Sika M.* https://col.sika.com/dms/getdocument.get/14fe8d7e-8993-348c-83e0-c6f7d289d818/co-hs_Emulsion_Asfaltica_Sika.pdf (Activo Febrero de 2022)
8. Fresneda, S. y Méndez, J. **Impermeabilizante natural a partir de la ceniza cascarilla de arroz para muros en adobe.** *Universidad La Gran Colombia.* <https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5567/MONOGRAFIA%20MENDEZ%20Y%20FRESNEDA%20G11%20PTCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y> <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/22327/2020CobosGuillermo.pdf?sequence=7&isAllowed=y> (Activo Enero de 2022)
9. Cobos, G. **Guía práctica para el control previo y posterior en impermeabilizaciones en losas para cubiertas de concreto.** *Universidad Santo Tomás, Bucaramanga.* <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/22327/2020CobosGuillermo.pdf?sequence=7&isAllowed=y> (Activo Enero de 2022).
10. Villena, C. **Impermeabilización tradicional en el mantenimiento de losas aligeradas en la ciudad de Huancavelica.** <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/3340/TESIS-2019-ING.%20CIVIL-VILLENA%20CCORPA.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Activo Febrero de 2022)
11. PROFECO. **¿Qué bonito es ver llover y no mojarse!** *Revista del consumidor.* https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/100479/56-67RC422Laboratorio_Impermeabilizantes.pdf. (Activo Marzo de 2022)
12. Polanco, A. **Manual de prácticas de Laboratorio de Pavimentos.** *Universidad Autónoma de Chihuahua.* http://www.fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2012/01/26/MANUAL_DE_PRACTICAS_DE_%20LAB_DE_PAVIMENTO_S.pdf (Activo Abril de 2022)