

# Evaluación de la permeabilidad del tadelakt aplicado sobre diferentes materiales base

Brenda Estefanía Díaz Macías

Al observar las tradiciones constructivas populares tanto presentes como antiguas es posible ver que de ellas se pueden extraer soluciones para las necesidades de vivienda actuales, soluciones que requieren un menor uso de los limitados recursos disponibles. Conjuntamente se circunscriben a las condiciones climatológicas, geológicas y ecológicas del lugar (May, 2011).

Un ejemplo de estas tradiciones es el tadelakt, un revestimiento tradicional marroquí a base de cal, pigmentos y jabón vegetal el cual puede ser considerado tanto un material como una técnica constructiva.

Una de las particularidades de este acabado es su resistencia al agua, motivo por el cual ha sido utilizado en espacios y superficies sometidos a constante contacto con el agua y la humedad, por ejemplo el interior de los hammams (baños públicos) que siguen siendo utilizados en Marruecos (Leis et al. 2016). Es importante aclarar que el tadelakt es repelente al agua más no impermeable, de hecho es permeable, absorbe vapor de agua permitiendo un intercambio de humedad y temperatura entre el interior y el exterior.

El componente esencial que le otorga al tadelakt esta cualidad es la cal hidráulica debido a que endurece en contacto con el agua (Leis et al. 2016). Específicamente la composición del tadelakt marroquí es 95% piedra caliza calcinada y el otro 5% es arena y ceniza que resulta del proceso de horneado. Dicha composición no está estandarizada, cambia según el proceso de calcinación (Ochs 2010).

El objetivo de este trabajo fue evaluar de manera cuantitativa dicha propiedad hidrófuga a través de ensayos de permeabilidad al tadelakt fabricado con materiales regionales aplicado sobre diferentes sistemas constructivos modernos utilizados en la región centro-norte de México como lo son: el hormigón, el bloque de hormigón y el ladrillo macizo de barro cocido (figura 1) evaluando el efecto que tienen los materiales base en la efectividad del recubrimiento.

Con la finalidad de evaluar la aplicabilidad de la técnica en México (dadas sus semejanzas climáticas con el sitio donde se originó el material) se optó por aplicar un acabado equivalente elaborado con materiales locales fácilmente disponibles, consiguiendo una técnica similar a la original. Los resultados de los ensayos efectuados se compararon con los publicados por Wolff (2013), con la diferencia que para esta investigación no se emplearon los materiales originales y los sustratos de aplicación fueron distintos para adecuarse a las necesidades regionales.

## CONTEXTO HISTÓRICO

Marruecos se ha descrito como «hogar del tadelakt»; en este lugar la técnica constructiva tuvo su origen y es donde actualmente sigue siendo preservada y practicada de manera regular. Una de sus principales ciudades es Marrakech. Aquí las temperaturas alcanzan más de 40°C en verano mientras que en invierno, dependiendo de la altitud, las temperaturas pueden



Figura 1  
Materiales base considerados para la aplicación del tadelakt. Aparece de izquierda a derecha: block de hormigón, pieza de hormigón y ladrillo macizo de barro cocido (fotografía propia del autor).

caer por debajo de los 0°C. Con este rango es de gran importancia adaptar las construcciones al clima (Ochs 2010).

El diseño urbano y la arquitectura popular islámica evidencian la correcta comprensión e interpretación del entorno y la búsqueda por adaptarse a él. No son casualidad las estrechas calles que pretenden generar sombra y protección ante el agudo calor, las casas totalmente blancas que reflejan los intensos rayos solares, los patios interiores en los riads que forman un microclima o la utilización de materiales de construcción de bajo costo y fácilmente disponibles en el ambiente, como arcilla, arena, piedras, heno y agua que conjuntamente ofrecen una excelente protección de la temperatura extrema. Como ejemplo están las kasbahs (grandes viviendas tipo fortalezas) hechas de adobe, las cuales son frescas en verano y calientes en invierno.

La historia del Tadelakt comienza en el Imperio Romano, siendo el antecedente del microcemento (un revestimiento de alta calidad compuesto principalmente de morteros, polímeros, resinas y pigmentos): «el inicio de lo que hoy conocemos como microcemento está inspirado en el Tadelakt, palabra árabe que significa tierra o enlucido bruñido y hace

referencia al empleo de una técnica/material, que se realizaba en el Norte de África, aunque su origen y difusión se sitúa en el Imperio Romano» (Penadés Sanz 2014, 14).

Su uso en África comienza hace más de 2,000 años, en un espacio incierto entre la Mezquita de Koutoubia, la Medina y el Palacio de la Bahía en Marrakech cuando se creó un material de construcción cuyo nombre, traducido del árabe significa estuco amasado (Ochs 2010).

Otra versión indica que el recubrimiento fue descubierto en el s. XII durante la construcción de las murallas de Marrakech, cuando se descubrió por accidente que mediante movimientos circulares de una piedra sobre un mortero de cal se podían obtener superficies suaves y brillantes. El material aunado a la técnica de aplicación se nombró tadelakt que significa alisar por frotamiento en árabe (Leis et al. 2016). Como es posible observar, no existe un consenso entre los autores sobre el significado literal del término.

La cal que se empleaba era producida de manera artesanal en los viejos hornos de madera de Marrakech. La piedra caliza que se cocía en estos hornos era extraída (y es extraída actualmente) de las montañas ubicadas cerca de la ciudad, el Alto Atlas, donde por un fenómeno geológico adquiría propiedades particulares, entre ellas resistencia al agua y la humedad (Leis et al. 2016).

Por esta razón su uso se extendió al interior de los hammames (baños públicos), en los riads, las kasbahs, las mezquitas y hospitales, en cocinas, patios, baños y salones consiguiendo superficies con tacto suave y un efecto cálido, sensual, natural, único y elegante. Las fachadas principales y los interiores de muchos edificios antiguos atestiguan la tradición milenaria del Tadelakt (Ochs 2010).

Esta técnica actualmente sigue siendo utilizada por los artesanos locales quienes la han conservado basándose en los conocimientos y materiales del lugar y la transmiten a los jóvenes, como un oficio ecológico. Es parte del carácter de la arquitectura tradicional y no puede ser visto aisladamente de la tradición islámica de Marruecos.

Posiblemente los recubrimientos de tadelakt conservados de mayor antigüedad, se pueden encontrar en un baño de vapor del kasbah más antiguo en el valle de Draa en Tamnougalt, al sur de las montañas del Atlas. Otro ejemplo es el antiguo hammam del kasbah de Taourirt en Ouarzazate construido en

1754. Estos modelos revelan la forma marroquí de proteger la tierra del agua a través del tadelakt en espacios cerrados sometidos usualmente a altas temperaturas (45–65°C) y humedades (70–90%) (Wolff, Diederichs y Ait el Caid 2014).

Otros ejemplos dentro de la arquitectura islámica donde se utilizó el tadelakt como acabado son las arcadas del alminar de Kutubiyya en Marrakech (García Bueno y Medina Flórez 2001) y las columnas de la Mezquita de Hassan II en Casablanca, Marruecos (Woodington Barnes 2008).

Más cercano a la actualidad, grandes casas con patio interior llamadas riads han sido restauradas como lujosos hoteles en las últimas décadas, y las habitaciones han sido terminadas con tadelakt. Algunos de estos riads intervenidos son: Enija, Darkoum, Elleville, Essaouira y Boussa en Marruecos (Ochs 2010).

Como muestra de arquitectura sustentable y a pesar de no estar construido, el Dazzling Dome Bank con ubicación en Marruecos y proyectado bajo la firma del reconocido Arquitecto británico Norman Foster, propone el uso de técnicas antiguas árabes: el empleo de materiales de la zona como el granito negro y la piedra caliza gris, revestimientos exteriores de azulejos tradicionales y, por supuesto, el interior con una reproducción de tadelakt, la técnica de estuco local (Mahdavejad et al. 2014).

Existe una gran cantidad de trabajos relativamente recientes de acabados con tadelakt realizados por diferentes fabricantes y distribuidores de materiales y situados en distintos países además de Marruecos como Holanda, Grecia, Suiza, Alemania y Francia, es decir, el uso de la técnica se ha expandido en los últimos años más allá de su lugar de origen.

## LA TÉCNICA

Los principales materiales que se necesitan para aplicar la técnica original de Marruecos son: cal de Marrakech (cal hidráulica), pigmentos minerales resistentes a la alcalinidad de la cal y jabón negro marroquí o de aceite de oliva a base de potasa cáustica o hidróxido de potasio (KOH).

Asimismo son indispensables algunas herramientas especiales para la aplicación del material: la flota de madera, que ayuda a regular la humedad; la piedra de pulido con un lado plano y cantos redondeados, que puede ser desde una piedra de río pulida como

basalto o granito hasta una piedra semipreciosa como ágata u ojo de tigre con dureza mínima de 6 en la escala de Mohs, este trabajo de compresión también puede realizarse con una llana flexible de plástico; también es necesaria una brocha o pulverizador para aplicar la solución de jabón.

La técnica consiste en la aplicación de una primera capa sobre una superficie pre humedecida que favorece la unión entre ambas; una vez seca se aplica una segunda capa la cual debe ser trabajada con llana para cerrar los poros. Se comprime con la piedra y se aplica el jabón diluido en agua, posteriormente se realiza un segundo pulido en el cual el jabón penetra hasta las capas más profundas del recubrimiento y forma una reacción química con la cal que no disuelve en agua creando una capa hidrófuga y repelente a la suciedad (estearato cálcico).

Cada capa tiene un grosor de 2–3 mm, por lo que el resultado final es de 4–5 mm. Dentro del proceso son de especial importancia los tiempos de secado entre una fase y otra.

Son tres aspectos los que le dan al tadelakt su repelencia al agua:

- 1) La cal es hidrófuga por naturaleza.
- 2) La compresión evita que entre la molécula de agua a través del acabado o si lo hace se satura fácilmente, permitiendo solo la entrada de vapor.
- 3) El estearato cálcico, agua insoluble que entra en todos los poros.

Un beneficio más del tadelakt son sus cualidades ecológicas y sostenibles las cuales se deben a varias razones (Ochs 2010):

- a) Su proceso artesanal y la utilización de productos naturales a diferencia de materiales industriales que requieren de una multitud de máquinas y aditivos químicos para elaborarse, como baldosas y pisos cerámicos.
- b) Su alta durabilidad ya que con el cuidado apropiado permanecerá por varias generaciones, reduciendo a través del tiempo el impacto del alto costo inicial de producción.
- c) La posibilidad de retornar a la naturaleza sin consecuencias negativas para el ambiente, tomando en cuenta que la cal tiene un ciclo y que regresará a ser químicamente idéntica a la piedra caliza original absorbiendo cantidades si-

milares de CO<sub>2</sub> a las utilizadas en su proceso de calcinación.

#### SIMILITUDES CLIMÁTICAS ENTRE MÉXICO Y MARRUECOS

El tadelakt por ser una técnica constructiva propia de la arquitectura popular de Marruecos se adecúa totalmente al lugar, especialmente al clima. El proceso de aplicación está condicionado por este factor pues no debe trabajarse en temperaturas muy bajas ni en condiciones que influyan en su proceso de secado, de lo contrario pueden surgir grietas y dañarse. Por lo tanto, es de suma importancia considerar las condiciones ambientales del sitio donde se esté aplicando el material.

Dentro de la arquitectura bioclimática se señalan cuatro tipos de clima (Olgay [1963] 2015): cálido y húmedo, cálido y árido, templado y frío. A lo largo de la historia se han determinado distintas estrategias y tipologías arquitectónicas según la zona climática teniendo como fin la búsqueda de las condiciones óptimas de confort térmico; «la vivienda autóctona nace de su relación con el entorno» (Olgay [1963] 2015, 6).

En el norte de África la construcción vernácula se caracteriza por sus muros protectores de piedra o arcilla cocida que soportan una cubierta plana y por el predominio de la proporción del macizo sobre el vano, al igual que en las regiones áridas y desérticas del norte de México, es decir, la arquitectura propia de ambos lugares nos habla de climas similares: calientes, con escasa lluvia y grandes cambios de temperatura entre el día y la noche; «no es casualidad que grupos de diferentes continentes, creencias y culturas llegaran a soluciones similares en su lucha con entornos parecidos, y que hayan establecido características regionales básicas» (Olgay [1963] 2015, 8).

Un factor principal que hace que las condiciones atmosféricas varíen de un lugar a otro es la latitud geográfica. En Marrakech la latitud es de 31°37 N. En el caso de México, la latitud de una de las ciudades ubicadas más al norte del país, Ensenada, Baja California es de 31°52 N. Se puede observar que existe una cierta correspondencia entre las latitudes de Marruecos y la parte norte de México.

Otra base más específica es la clasificación de Köppen-Geiger, que relaciona cada tipo de clima con

una nomenclatura según el comportamiento de las temperaturas y precipitaciones. Según esta clasificación existen varios climas en Marruecos pertenecientes al grupo B (seco), C (Templado) y D (Continental). Específicamente en Marrakech se tiene un clima BSh, es decir, semiárido cálido.

En México, obedeciendo a esta misma clasificación, se tiene una gran diversidad de climas a lo largo de su territorio. En Aguascalientes, la localidad donde se está trabajando con el tadelakt, predomina al igual que en Marrakech el clima Bsh. Otras ciudades que comparten la misma nomenclatura son León, Monterrey, Santiago de Querétaro y Chihuahua. Dado lo anterior el tadelakt puede adaptarse en ciertos lugares de México de la misma forma que ocurre en Marruecos debido a las similitudes climáticas que comparten.

#### ADAPTACIÓN DEL TADELAKT A MÉXICO

Algunos maestros de construcción natural de larga trayectoria profesional en México han estudiado, practicado y aplicado por años el acabado haciendo algunas modificaciones al original para adaptarlo a la región obteniendo buenos resultados.

Las principales adaptaciones realizadas tienen que ver con la materia prima necesaria para hacer tadelakt. En Marruecos para la técnica original se emplean materiales que están disponibles en el lugar; sin embargo, en México no existen o no son de fácil obtención por lo que se ha buscado sustituirlos por unos que sí lo sean, por motivos ecológicos y de viabilidad económica.

Al igual que el recubrimiento marroquí, el tadelakt en México es aplicado a dos capas, incluso tres si llegara a ser necesario. Se elabora una mezcla diferente para cada una.

El cambio más significativo consiste en sustituir la cal hidráulica de Marrakech por cal hidratada para la primera capa y en pasta para la segunda. Para la elaboración de ambas mezclas es necesario agregar arena de cualquier tipo, las mejores son las que poseen partículas con ángulos agudos y filosos como la arena caliza. Es indispensable trabajar con distintas granulometrías para obtener una capa base de tadelakt gruesa y otra fina. Todas las capas llevan pigmento, el cual puede ser mineral o sintético y no debe sobrepasar el 10% del total de la mezcla (figura 2).



Figura 2

Mezclas para aplicar tadelakt adaptado a México. La que aparece del lado derecho, elaborada con cal hidratada, correspondería a la primera capa. A la izquierda, la mezcla hecha con cal en pasta se aplicaría para la segunda capa (fotografía propia del autor).

El recubrimiento más grueso se aplica con llana sobre una superficie húmeda, de preferencia un repellado base de 1.00–1.50 cm de espesor de mortero cal-arena (figura 3). Una vez que la capa ha perdido humedad superficial es trabajada con una flota de madera de pino por ser una madera suave que entra a mayor profundidad y/o una flota con esponja. Esta parte del proceso ayuda a abrir los poros de la superficie generando un buen anclaje mecánico para recibir el repellado mediano que puede ser o no el acabado final. La mezcla es a base de cal en pasta (aunque también pudiera emplearse cal hidratada) la cual debe ser pulida y comprimida con la piedra.

Si no se llegara a tener una terminación bien cerrada es necesario aplicar un repellado fino hecho a partir de cal en pasta y pigmento, no se coloca arena en la mezcla. Es importante aplicar las capas en fresco trabajando toda la superficie el mismo día para que el resultado sea un único recubrimiento.

Posteriormente, deben aplicarse dos o tres manos de solución de jabón con agua dependiendo del tiempo de absorción de éste, incluso en algunos casos pudieran requerirse más. Es importante que el jabón sea aplicado en forma líquida para que pueda ser pre-



Figura 3

Primera capa de tadelakt aplicada sobre muro por maestro de construcción natural, previa a ser trabajada con la flota de madera (fotografía propia del autor).

sionado correctamente con la piedra (figura 4). En este momento es donde se obtiene el estearato cálcico. Por último, al día siguiente de la aplicación del



Figura 4

Apariencia de muro recubierto con tadelakt después de haberse aplicado y pulido la solución de jabón (fotografía propia del autor).

tadelakt se pasa un trapo suave con la solución de jabón sobre la superficie. Ya no hay pulido después de este paso.

Como se mencionó anteriormente, el jabón en Marruecos es a base de hidróxido de potasio (KOH); no obstante, en México se carece de este material ya que los jabones domésticos son elaborados a partir de hidróxido de sodio (NaOH). En teoría éste también funciona para formar el estearato cálcico, sin embargo, no mejor que el primero.

### METODOLOGÍA

Para la realización de las muestras se siguió el método anterior además de haberse considerado las indicaciones y recomendaciones pertinentes expresadas en la literatura.

Se fabricaron 6 probetas con diferentes materiales base:

- a) 1 probeta de tadelakt aplicado sobre ladrillo macizo de barro cocido  $7 \times 14 \times 28$  cm sin rellado base.
- b) 1 probeta de tadelakt aplicado sobre ladrillo macizo de barro cocido  $7 \times 14 \times 28$  cm con rellado base.
- c) 1 probeta de tadelakt aplicado sobre block de hormigón  $10 \times 20 \times 40$  cm sin repellado base.
- d) 1 probeta de tadelakt aplicado sobre block de hormigón  $10 \times 20 \times 40$  cm con repellado base.
- e) 1 probeta de tadelakt aplicado sobre pieza de hormigón  $f'c= 150$  kg/cm<sup>2</sup> T.M.A. 1/4" de  $4 \times 15 \times 30$  cm sin repellado base.
- f) 1 probeta de tadelakt aplicado sobre pieza de hormigón  $f'c= 150$  kg/cm<sup>2</sup> T.M.A. 1/4" de  $4 \times 15 \times 30$  cm con repellado base.

Se respetaron los siguientes parámetros:

- a) Las herramientas que se utilizaron a lo largo del proceso de aplicación del tadelakt fueron: llana de acero, flota de madera, flota con esponja, piedra de granito, brocha y herramienta sencilla de albañilería como cuchara, espátulas y halcón (figura 5).
- b) El repellado base se elaboró a partir de mortero cal-arena proporción 1:4, de 1 cm de espesor (figura 6).



Figura 5  
Herramientas utilizadas durante el proceso de aplicación del tadelakt (fotografía propia del autor).

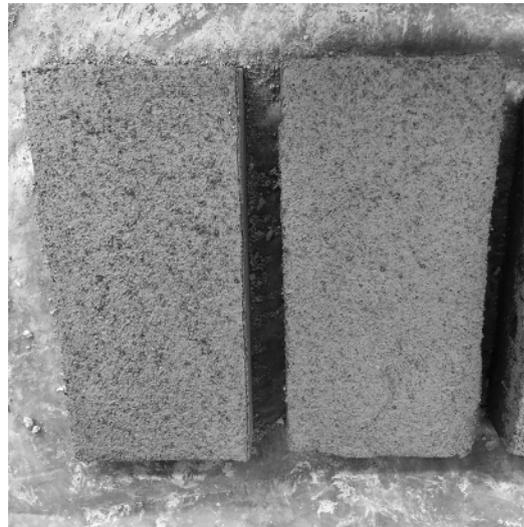


Figura 6  
Probetas con repellado base de mortero cal-arena previas a la aplicación del tadelakt.

- c) El tadelakt se colocó a dos capas.
- d) Se trabajó con cal hidratada para la primera capa y cal en pasta para la segunda.

- e) A las mezclas se les añadió como agregado marmolina de diferentes tamaños: malla del número 16 y del número 20 para la primera y sólo del número 20 para la segunda. A ambos morteros se les agregó blanco de España, material impalpable inferior a la malla número 200 para hacerlos más trabajables (figura 7).



Figura 7  
Agregados de distintos grosores incorporados a la mezcla: marmolina y blanco de España (fotografía propia del autor).

- f) No se empleó pigmento de ningún tipo.  
g) Para la primera capa se aplicó con llana de acero una mezcla proporción 1:3 cal-arena. Posteriormente se trabajó la superficie con la flota de madera y la flota con esponja (figura 8).  
h) Para la segunda capa se aplicó con llana de acero una mezcla proporción 1:1 cal-arena. Se pulió con la piedra de granito (figura 9).  
i) Se aplicaron con brocha tres manos de solución de jabón de aceite de oliva a base de potasa cáustica (KOH) hecho en laboratorio (figura 10).

#### PERMEABILIDAD DEL TADELAKT ADAPTADO A MÉXICO

Para determinar la permeabilidad del tadelakt aplicada sobre diferentes materiales fue necesario emplear



Figura 8  
Probetas con la primera capa de tadelakt aplicada y trabajada con la flota de madera y la flota con esponja (fotografía propia del autor).

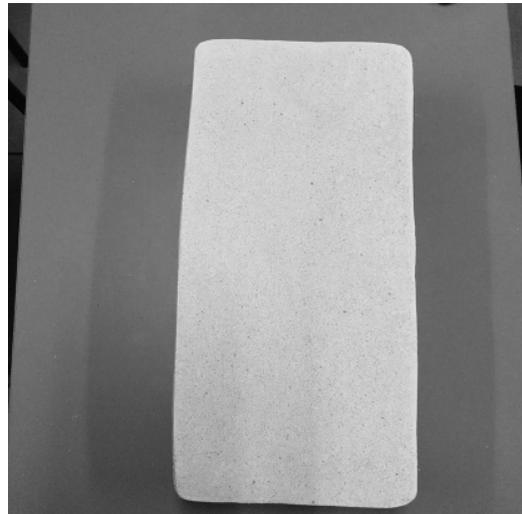


Figura 9  
Probeta con la segunda capa de tadelakt aplicada y pulida con piedra de granito (fotografía propia del autor).

el método del tubo de Karsten con el cual se midió la absorción de agua del material antes y después de la aplicación del acabado.



Figura 10  
Jabón de aceite de oliva a base de potasa cáustica (KOH) hecho en laboratorio (fotografía propia del autor).

Se creó una columna de agua destilada de 10 cm (4 ml) sobre una superficie de 3 cm<sup>2</sup> que corresponde a una presión de 0.01 bar que simula la presión que genera una alta velocidad de viento/ lluvia sobre el muro de una casa.



Figura 11  
Ensayo con tubo de Karsten en una de las probetas (fotografía propia del autor).

La unión entre la superficie del material a estudiar y la base del tubo se selló con material epóxico para evitar fugas de agua (figura 11).

A cada probeta se le realizaron mediciones a lo largo de una hora; se registró la cantidad de agua absorbida en los siguientes tiempos: 1,2,3,4,5,10,15, 20,25,30,40,50 y 60 minutos. Cada vez que la cantidad era registrada el tubo era rellenado para mantener el nivel constante de agua de 4 ml y por lo tanto una misma presión hidrostática.

## RESULTADOS

Los especímenes obtenidos revelan a simple vista cierta repelencia al agua (figura 12). De manera más precisa se expone la totalidad de mililitros absorbidos por los materiales a lo largo de la hora de medición según los ensayos con tubo de Karsten (tabla 1).

En el caso del block de hormigón sin acabado no fue factible cuantificar el coeficiente de absorción con el tubo de Karsten debido a que es un material sumamente permeable.



Figura 12  
La probeta recubierta con tadelakt muestra cierta repelencia al agua (fotografía propia del autor)

No. PROBETA	MATERIAL BASE	REPELLADO BASE	TADELAKT	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN (ml)
1	Ladrillo macizo 7*14*28 cm	NO	NO	124.5
2	Ladrillo macizo 7*14*28 cm	NO	SI	1.55
3	Ladrillo macizo 7*14*28 cm	SI	SI	3.05
4	Block de hormigón 10*20*40 cm	NO	NO	-
5	Block de hormigón 10*20*40 cm	NO	SI	9.8
6	Block de hormigón 10*20*40 cm	SI	SI	7
7	hormigón f'c= 150 kg/cm2 4*15*30 cm	NO	NO	1.17
8	hormigón f'c= 150 kg/cm2 4*15*30 cm	NO	SI	26.5
9	hormigón f'c= 150 kg/cm2 4*15*30 cm	SI	SI	12.4

Tabla 1  
Coeficientes de absorción de agua del tadelakt aplicado sobre diferentes materiales base (información propia del autor).

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentan los coeficientes de absorción de agua de diferentes materiales naturales de construcción considerados por Wolff (2013) (tabla 2). En esta información se observa que la absorción de agua del tadelakt es menor a un mililitro por hora, es

Material de construcción	Coefficiente absorción de agua
Tadelakt	0.2 (0.04-1.9)
Recubrimiento de pasta de cal, pulido	0.24
Recubrimiento de pasta de cal, mate	1.5
Recubrimiento de pasta de cal, rugoso	2.4
Recubrimiento adhesivo de cal	12.9
Recubrimiento base de tierra, suave	5.8
Recubrimiento de tierra, rugoso	10.9
Recubrimiento de tierra, rugoso	7.7
Block de tierra, limoso 1900 kg/m <sup>3</sup>	3.7
Block de tierra, arcilla 1940 kg/m <sup>3</sup>	1.6
Arcilla ligera mezclada con paja, 450 kg/m <sup>3</sup>	2.4
Arcilla ligera mezclada con paja, 850 kg/m <sup>3</sup>	3.6
Arcilla ligera mezclada con paja, 1150 kg/m <sup>3</sup>	3.1
Ladrillo, 1750 kg/m <sup>3</sup>	25.1

Tabla 2  
Coeficientes de absorción de agua de diferentes materiales naturales de construcción (Wolff 2013, 67).

el acabado con menor coeficiente de absorción en comparación con el resto de materiales.

Si se comparan estos datos con los adquiridos para la presente investigación, es posible notar que el tadelakt adaptado supera los niveles de absorción de agua esperados. Incluso el coeficiente de varios de los especímenes se eleva en mayor medida que los presentados para otros materiales naturales de construcción.

## CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos es posible observar que el material base sí influye en la hidrofobicidad del tadelakt. Se observa que en las probetas de ladrillo macizo, a pesar de ser un material base muy permeable (124 ml de agua absorbidos por hora) los coeficientes de absorción son menores que los obtenidos en las probetas de los demás sustratos. En el caso del block, a pesar de ser muy poroso y permeable, se obtuvieron coeficientes por debajo de los 10 ml, aun así su absorción equivale a la de un recubrimiento de tierra; en cuanto al hormigón, se aprecia que el sustrato por sí mismo es poco absorbente (1.17 ml de agua absorbidos por hora) mientras que con el recubrimiento el coeficiente aumenta considerablemente.

La diferencia en los valores de permeabilidad puede ser el inconveniente de trabajar con cal hidratada en sustitución de la cal hidráulica o inclusive puede deberse a la elección de otros materiales empleados por lo cual se planea extender la campaña experimental para considerar otras variables como la granulometría del agregado y el tipo de jabón con lo cual se pretenden obtener coeficientes de absorción más razonables.

Otra posible explicación es que el sustrato base empleado sea de menor calidad que el considerado por Wolff (2013) debido a que no existe una regulación para la fabricación de las piezas de mampostera, inclusive en muchos casos sigue siendo de manera artesanal.

## LISTA DE REFERENCIAS

García Bueno, Ana, and Víctor J. Medina Flórez. 2001. *Zócalos Hispanomusulmanes en el palacio de Orive*. AAC 12: 113–119.

- Leis, Taavi, Paloma Folache, Fatima Barahona, and Kermo Jurmann. 2016. *Tadelakt. Guía paso a paso*.
- May, John. 2011. *Casas hechas a mano y otros edificios tradicionales: arquitectura popular*. Editorial Blume.
- Mahdavinejad, Mohammadjavad, Arash Zia, Airya Norouzi Larki, Setareh Ghanavati, and Narjes Elmi. 2014. «Dilemma of green and pseudo green architecture based on LEED norms in case of developing countries». *International Journal of Sustainable Built Environment*. 3 (2): 235–246.
- Ochs, Michael Johannes. 2010. *Tadelakt: An Old Plaster Technique Newly Discovered*. Singapore: WW Norton & Company.
- Penadés Sanz, Jonatan. 2014. «Análisis y estudio del microcemento». Grado en Arquitectura Técnica, Departamento de Construcciones arquitectónicas, Universidad Politécnica de Valencia.
- Olgyay, Víctor. 2015. *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili. Original edition, 1963.
- Wolff, Britta. 2013. «Hydrophobized Lime Plasters as Protective Surface in Wet Rooms in Monument Preservation». *Advanced Materials Research*, 688: 60–69.
- Wolff, Britta, Ulrich Diederichs, and Hassan Ait el Caid. 2014. «Non-Destructive Prospection of Ancient Steam Bathes Covered with Tadelakt—First Preliminary Comparison of Hammam Kasbah des Caid of Tamnougalt and Hammam Kasbah of Taourirt, Morocco». *Advanced Materials Research*, 923: 174–182.
- Woodington Barnes, Maribea. 2008. *Ethnographic Research in Morocco: Analyzing Contemporary Artistic Practices and Visual Cultures*. Ohio.