

EFICIENCIA ENERGÉTICA MEDIANTE DISEÑO PASIVO *en la reutilización de* EDIFICIOS CON VALOR PATRIMONIAL *del siglo XX en México*

*Energy efficiency through passive design in the reuse of
20th century buildings with heritage value in Mexico*

ANA PAULINA CEDILLO-RIZO*, NAOKI ENRIQUE SOLANO-GARCÍA**

Fecha de recibido:
12 marzo de 2023
Fecha de aceptado:
8 junio 2023

*Universidad
Nacional
Autónoma de
México, México.
anarizo.97@gmail.
com

**Universidad
Nacional
Autónoma de
México, México.
naoki@comunidad.
unam.mx

RESUMEN. El comportamiento térmico de diferentes elementos de la fachada de un edificio con valor patrimonial del siglo xx se analizó experimentalmente, comparando el estado actual con una propuesta de diseño pasivo que conserve la estética de la fachada y su valor artístico.

El objetivo es encontrar si al adaptar térmicamente la estrategia de confort de un edificio patrimonial a un nuevo uso sostenible, sin modificar la apariencia exterior, se pueden reducir las demandas de energía y el flujo de calor hacia el interior para mantener los espacios en una temperatura adecuada y comfortable.

Se determinaron las estrategias pasivas que se aplicarían considerando el contexto climático del caso de estudio. Después, se analizaron los flujos de calor en los modelados energéticos de los muros con murales de piedra para comparar los resultados con las estrategias pasivas aplicadas. Por último, se estudiaron los efectos de los elementos de sombreado en los espacios interiores. Los resultados muestran que la propuesta de envoltente, que considera aislamiento térmico, masa térmica y doble vidriado, disminuye considerablemente el flujo de calor hacia el interior. El análisis de los elementos de sombreado sugiere que disminuyen la radiación solar al interior, pero también de la entrada de iluminación natural, por lo tanto, debería evaluarse si es conveniente disminuir el consumo de energía en climatización o en iluminación artificial.

De esta manera, se conserva el valor histórico y artístico de un edificio patrimonial, mientras se adapta a las necesidades climáticas actuales derivadas del calentamiento global, a pesar de las limitaciones de la intervención a la fachada.

Palabras clave: confort térmico, diseño pasivo, eficiencia energética, intervención arquitectónica, valor cultural.

ABSTRACT. The thermal behavior of different elements of the façade of a 20th century heritage building is experimentally analyzed, comparing the current state with a passive design proposal that preserves the aesthetics of the façade and its artistic value.

To find out if by thermally adapting the comfort strategy of a heritage building to a new sustainable use, without modifying the exterior appearance, energy demands and heat flow to the interior can be reduced to maintain comfort in the spaces is the aim.

The strategies to be applied are determined considering the climatic context of the study case. Then, the heat flows in the energy modeling of the stone mural walls are analyzed to compare the results with the passive strategies applied. Finally, the effects of shading elements on the interior spaces are analyzed.

The results show that the proposed envelope, which considers thermal insulation, thermal mass, and double glazing, considerably reduces the heat flow to the interior. In the analysis of the shading elements, it is suggested that they reduce solar radiation to the interior, but also the entry of natural lighting, therefore, it should be evaluated whether to reduce energy consumption in air conditioning or artificial lighting. In this way, the historical and artistic value of a heritage building is preserved, while adapting it to the current climatic needs derived from global warming, despite the limitations of the intervention to the façade.

Key words: thermal comfort, passive design, energy efficiency, intervention, cultural heritage.

E

sta investigación se ubica dentro de los límites de la eficiencia energética, el confort adaptativo y el patrimonio cultural. Específicamente, se enfoca en estrategias de diseño climático pasivo desde la intervención de edificios con valores patrimoniales artísticos en la fachada. Ante este escenario, ¿cómo adaptar los edificios patrimoniales con nuevas tecnologías sostenibles a los cambios generados por el calentamiento global?

Según el Informe sobre la Brecha de Emisiones de 2021 (UNEP, 2021), las medidas actuales de mitigación del cambio climático resultarán en un aumento de 2.7 °C para fines de siglo, lo cual es muy elevado a lo estimado en el Acuerdo de París. Si cada país participante cumple con sus promesas de cero emisiones se podría llegar a un calentamiento de 2.2 °C, aún por encima de los 2 °C esperados.

Por otra parte, en el mismo reporte se expone que en el Escenario de Desarrollo Sustentable (SDS, por sus siglas en inglés), preparado por la Agencia Internacional de Energía, se prevé que para 2030, las emisiones directas deberán reducirse en un 30%, mientras que las emisiones totales deberán disminuir 3.5 GtCO₂ (UNEP, 2021).

Paralelamente, se espera que los nuevos edificios energéticamente eficientes y la rehabilitación energética de los edificios existentes, contribuyan a disminuir el consumo de energía del entorno construido casi un 10% hasta 2070 (Santamouris and Vasilakopoulou, 2021). En un esfuerzo por reducir el consumo de energía y las emisiones de carbono, sin comprometer el desempeño de los sistemas que componen el edificio, se pueden aplicar estrategias de diseño pasivo que aprovechan los recursos disponibles en el sitio sin consumir energía.

El patrimonio cultural e histórico arquitectónico tiene un enorme potencial para im-

pulsar la reducción del consumo de energía y emisiones de carbono en lo ya construido. Para aprovechar ese potencial, es necesario ajustar las metodologías de intervención de patrimonio, lo cual sigue en desarrollo con nuevas guías y normas de intervención, como las propuestas por el informe “El futuro de nuestros pasados” del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS, 2019).

De acuerdo con Lidelöw (2019), para que un edificio sea realmente eficiente desde el punto de vista energético, se debe considerar el uso de energía durante todo el ciclo de vida. Por ejemplo, las normas y estándares relacionados con eficiencia energética ponen énfasis en las emisiones operacionales de los edificios. Sin embargo, la energía embebida en un edificio es un aspecto menos reconocido, pero importante, al momento de desarrollar estrategias de rehabilitación de edificios, ya que puede constituir una parte considerable del uso total de energía del ciclo de vida del edificio.

Según la investigación de Martínez-Molina *et al.* (2016), la mayoría de las investigaciones que se han realizado hasta ahora sobre eficiencia energética en intervenciones patrimoniales se ha centrado en edificios del siglo xx. Este interés desproporcionado se debe a que las normas de conservación son menos estrictas. Además, dado que las estructuras del siglo xx suelen estar en uso todavía, los sistemas de diseño pasivo son más fáciles de aplicar. Por lo tanto, los edificios pueden adaptarse más rápido a las necesidades actuales.

Los edificios patrimoniales pueden intervenir para nuevos usos sostenibles, que se adapten al contexto generado por el calentamiento global. Teniendo en cuenta que la envolvente del edificio es la que filtra los recursos naturales del sitio que se utilizan para los sistemas de diseño pasivo, las intervenciones a edificios patrimoniales tienen ciertas limitaciones, al no poder cambiar la apariencia estética de las fachadas en la mayoría de los casos.

La hipótesis es que, si se emplean estrategias de diseño pasivo en una envolvente de un edificio existente sin cambiar su apariencia exterior, entonces el edificio podrá responder a las condiciones climáticas del contexto.

El caso de estudio es el conjunto abandonado de lo que fueron las oficinas de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, el Centro SCOP. Se encuentra en la colonia Narvarte, en la alcaldía Benito Juárez en la Ciudad de México. Desde el inicio del proyecto, hubo una preocupación por utilizar materiales y mano de obra mexicanas (Palacios, 1954). La intervención plástica más atractiva del Centro SCOP son los 6000 m² de murales de mosaicos en las fachadas. Se utilizaron piedras de diferentes regiones de México, lo que le da al conjunto una gran variedad cromática. El objetivo era que el proyecto simbolizara el progreso tecnológico del país, por lo que los temas, tanto de los murales como de las esculturas, incluyen momentos históricos importantes del país en símbolo de progreso o murales con elementos de inspiración prehispánica.

La investigación está limitada a un análisis del comportamiento en muros y ventanas, aplicando diferentes estrategias de diseño pasivo, y comparando los resultados para determinar si con dichas estrategias se puede reducir el consumo de energía para mantener en confort interior.

METODOLOGÍA

Para comprobar la hipótesis se aplicó la siguiente metodología. Primero se seleccionó el caso de estudio, el Centro SCOP, y se investigaron los sistemas constructivos de la fachada. Se realizaron detalles de los muros y ventanas, incluyendo los muros con murales de piedra que se deseaban conservar. También se investigó sobre el estado actual del Centro SCOP, la condición actual de los murales y los planes de intervención para su conservación.

Después, utilizando el programa Climate Consultant (UCLA, 2020), se obtuvieron las gráficas de análisis de sombras y gráficas psicométricas como parámetros para elegir las estrategias pasivas de diseño según el sitio. Se tomaron termografías de otro edificio con las mismas características para analizar el comportamiento térmico de la envolvente. Con los resultados obtenidos de esta experimentación, se fundamentan las decisiones que se tomaron en el

diseño de la propuesta. Utilizando el software Therm (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2015), se realizaron modelados energéticos, tanto de los detalles originales como con los elementos de la propuesta para comparar los resultados de los flujos de calor. Por último, se modelaron los elementos de sombreado en Rhinoceros (Robert McNeel & Associates, 2021) y se analizaron utilizando LadyBug (Ladybug Tools, 2021) para calcular la radiación solar y la iluminación natural al interior.

Esta investigación está limitada a una intervención en uno de los edificios del conjunto del Centro SCOP, planteando estrategias de diseño pasivo que ayuden a disminuir el uso de energía para alcanzar un mayor confort térmico en los espacios interiores, en comparación con las condiciones térmicas interiores actuales del edificio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como caso de estudio, se eligió uno de los edificios del Centro SCOP en la Ciudad de México, construido a mediados del siglo XX. Fue sede de las oficinas de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, que fue abandonado después del sismo de 2017. En la fachada del edificio tiene murales representativos del muralismo mexicano durante la etapa de la integración plástica. Además de su valor artístico, los murales corren riesgo de sufrir daños si se quitan de la fachada, por lo que deben permanecer aún después de una intervención del edificio. Después del análisis del sitio y caracterización del clima, se concluyó que las estrategias a aplicar serían: elementos de sombreado fijos en la fachada sur, con un ángulo de diseño para impedir el paso del sol en los meses más cálidos; elementos de sombreado móviles en la fachada poniente, para aprovechar la luz natural en la mañana y evitar la radiación por la tarde; masa térmica en muros exteriores y sistemas de doble vidriado en ventanas con marcos de madera.

Para determinar la efectividad de las estrategias elegidas en una intervención, se decidió comparar los elementos existentes

con las simulaciones de las propuestas para esos elementos.

En el caso de las ventanas, se analiza el comportamiento térmico en dos escenarios: el primero es el estado actual con una capa de vidrio templado y marco de aluminio; el segundo es una propuesta de ventana, utilizando un sistema llamado CLIMALIT PLUS, la cual, según la ficha técnica, debe de ir en doble

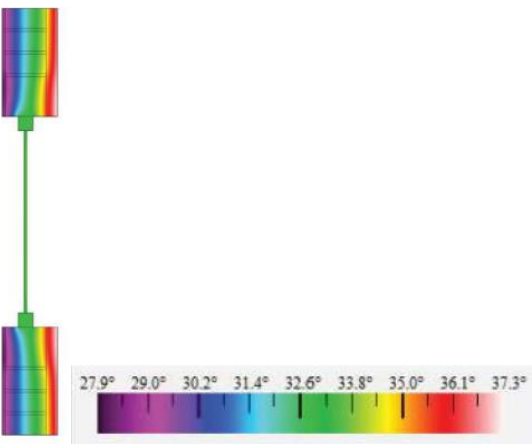


FIGURA 1. MODELO ENERGÉTICO DE VENTANA ACTUAL.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

acristalamiento. Las especificaciones para el doble acristalamiento son: un vidrio de 6 mm; una cámara de 16 mm, en este caso de argón; y otro vidrio de 4 mm. La propuesta también contempla cambiar el marco de aluminio por uno de madera. En la siguiente tabla se muestra la comparación de los valores del análisis térmico en el software THERM (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2015).

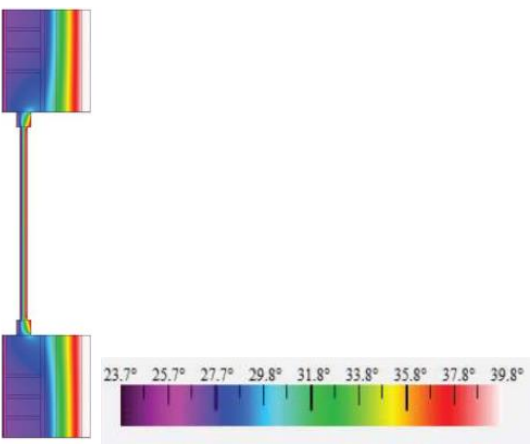


FIGURA 2. MODELO ENERGÉTICO DE VENTANA PROPUESTA.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

TABLA 1. TABLA COMPARATIVA DE VENTANA ACTUAL Y DE PROPUESTA.

Ventana		
	Actual	Propuesta
Temperatura exterior (°C)	33°C	37°C
Temperatura interior (°C)	33°C	24 °C
Flujo de calor exterior (W/m²)	90	50
Flujo de calor interior (W/m²)	90	20

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LOS ANÁLISIS TÉRMICOS.

Como se aprecia en la tabla 1, la ventana actual no disminuye la cantidad de calor que fluye del exterior al interior y mantiene tanto el flujo como la temperatura en todo el largo de la ventana. Por otro lado, en el caso de la ventana propuesta, hay una clara diferencia entre la temperatura exterior y la interior, disminuye 13 °C la temperatura y el flujo de calor disminuye a menos de la mitad. Además, el flujo de calor en la propuesta sólo se da en el marco y no a lo largo de toda la ventana.

Al cambiar la ventana actual, aumentan la energía y el carbono embebidos por los nuevos materiales a utilizar, además de que, por ser una fachada con valor artístico, no se pueden cambiar las proporciones del vano. Sin embargo, los resultados indican que, con el cambio de materiales en las ventanas y el doble vidriado, puede disminuir el calor que entre a los espacios y no se tengan que climatizar de manera artificial.

Muros

El edificio tiene dos tipos de muro en las fachadas. Uno es de tabique con una placa de concreto anclada en la parte exterior, el segundo es el mismo muro de tabique, pero en la placa tiene piedras que conforman los murales (figura 3).

En el caso de los muros con murales se propone agregar al interior una capa de aislamiento de polipropileno extruido y panel de

yeso. Se consideran solamente los valores de energía y carbono embebidos de los materiales nuevos, que son el aislante y el panel de yeso. En la tabla 2 se comparan los datos del estado actual con la propuesta.

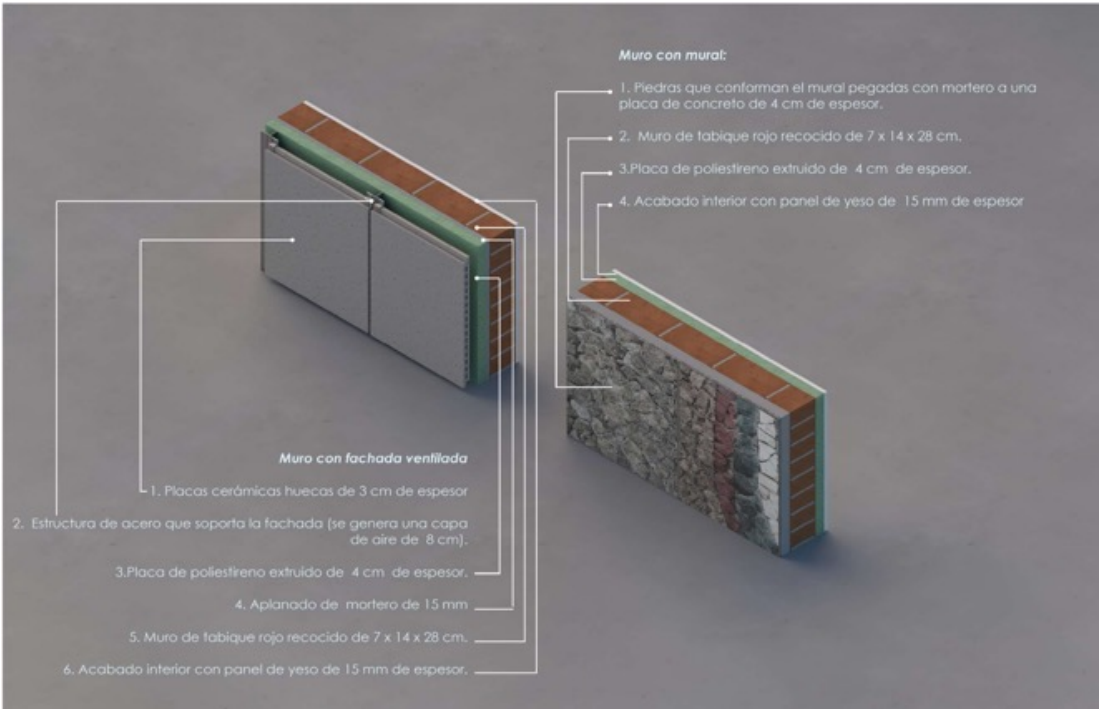


FIGURE 3. MODELO DE PROPUESTAS PARA LOS DISTINTOS TIPOS DE MUROS EN FACHADA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

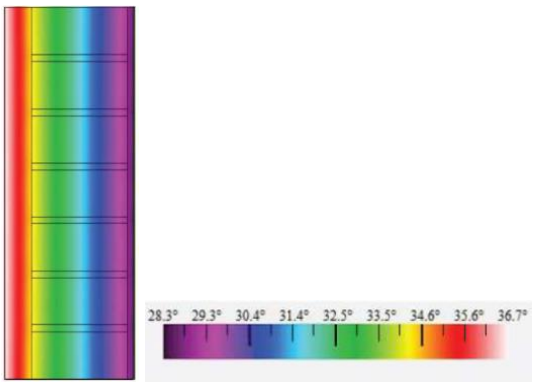


FIGURA 4. MODELO ENERGÉTICO DE MURO CON CONCRETO ACTUAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

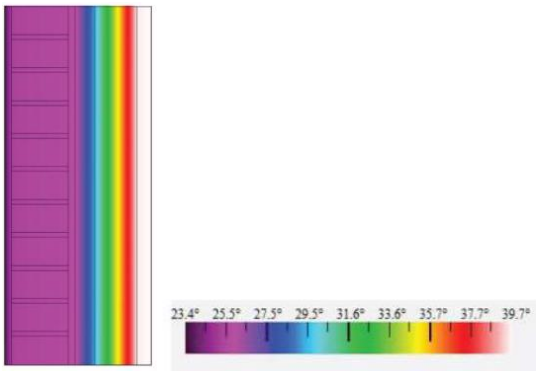


FIGURA 5. MODELO ENERGÉTICO DE MURO DE PROPUESTA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

TABLA 2. TABLA COMPARATIVA DE MURO CON MURAL ACTUAL Y DE PROPUESTA.

	Actual	Propuesta
Valor U (W / m² K)	2.456	1.10
Energía embebida (MJ)	-	99.67
Carbono embebido (Kg / CO₂e)	-	5.04
Temperatura exterior (°C)	37.4	38
Temperatura interior (°C)	27.4	24.6
Mayor flujo de calor (W/m²)	46.6	14.4
Menor flujo de calor (W/m²)	26.2	8

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LOS ANÁLISIS TÉRMICOS CON THERM.

En la propuesta para el muro, baja la temperatura al interior 3 °C en comparación con el muro actual. Sin embargo, el flujo de calor baja considerablemente en la propuesta. Como se puede observar en la tabla 2, el flujo de calor disminuye considerablemente utilizando el aislamiento de polipropileno. Se puede concluir que el muro de la propuesta tiene más capacidad de aislar el calor del exterior, sin necesidad de cambiar la parte externa del muro de la fachada.

Para los muros en fachada que no tienen muros, se propone cambiar las placas de concreto

ancladas actuales por una fachada ventilada con una apariencia similar a la actual. Se propone agregar al muro de tabique un aislamiento de polipropileno extruido y un acabado de panel de yeso, después se pone la estructura de acero para anclar el revestimiento y por último los paneles cerámicos. Se consideran solamente los valores de los materiales nuevos, que son el aislamiento, la placa de yeso y la fachada de paneles de cerámica. En tabla 3 se compara el muro actual con la propuesta.

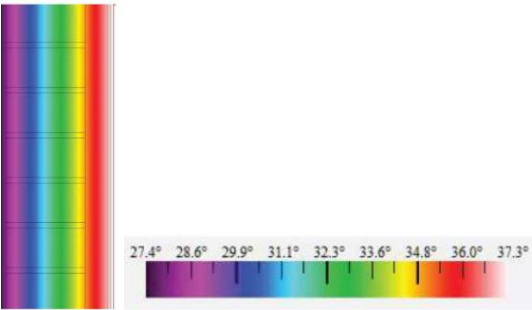


FIGURA 6. MODELO ENERGÉTICO DE MURO CON MURAL ACTUAL.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

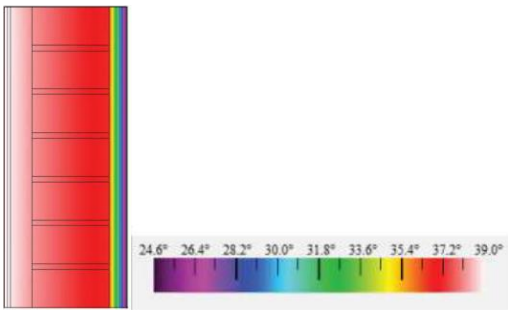


FIGURA 7. MODELO ENERGÉTICO DE MURO CON MURAL DE PROPUESTA.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

TABLA 3. TABLA COMPARATIVA DE MURO EN FACHADA ACTUAL Y DE PROPUESTA.

	Actual	Propuesta
Valor U (W / m² K)	2.510	0.166
Energía embebida (MJ)	-	220.9
Carbono embebido (Kg / CO₂e)	-	9.34
Temperatura exterior (°C)	36.7	39
Temperatura interior (°C)	28.3	23.4
Mayor flujo de calor (W/m²)	47.8	3.9
Menor flujo de calor (W/m²)	26.9	2.2

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE ANÁLISIS TÉRMICOS 5 Y 6.

La capa de aire generada por la estructura de acero más la capa de aislante térmico ayuda a disminuir considerablemente el flujo de calor del exterior al interior. La temperatura bajó 5 °C y el flujo de calor disminuye a aproximadamente el 10% de los valores actuales.

A los valores de energía y carbono embebidos faltaría agregar los valores por la estructura de sujeción de las placas cerámicas. También convendría analizar en siguientes investigaciones los puentes térmicos en dicha estructura, para saber cuánto calor podría entrar por las zonas en donde estén los perfiles de acero.

El ahorro de energía que se genera a mediano y largo plazo al cambiar los elementos en la fachada y evitar la climatización artificial, justifica las emisiones y el carbono embebido de los materiales nuevos, como el polipropileno extruido o la fachada ventilada.

Elementos de sombreado

Fachada sur

En la fachada sur se propone utilizar un alero en las ventanas como elemento de sombreado. Según los resultados de la gráfica de sombreado del programa Climate Consultant (UCLA, 2020), se utilizó un ángulo de diseño de 70°, lo que resultó en una longitud de alero de 63 cm redondeado.

En la figura 8 se observa el cálculo del alero en la parte inferior y el análisis del punto más alto del sol en distintos meses. Como se puede

apreciar en el dicho esquema, durante los meses más calientes, que son de marzo a septiembre, el alero no deja que entre el sol en las horas más críticas. Durante los meses más fríos, que son de octubre a febrero, el alero permite la entrada del sol para calentar los espacios.

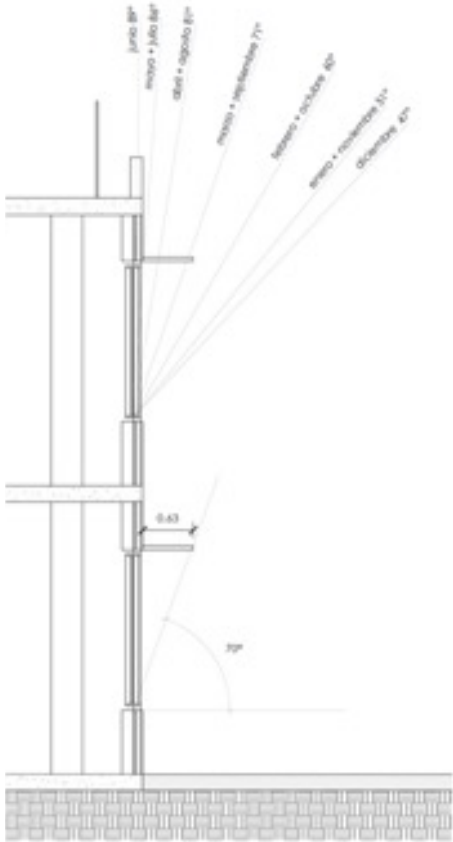


FIGURA 8. DISEÑO DE ALERO EN FACHADA SUR.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



FIGURA 9. FACHADA PARCIAL DEL CONJUNTO.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Con la finalidad de seguir en la línea de comparar lo actual con la propuesta, se realizaron análisis en Rhinoceros 7 (Robert McNeel & Associates, 2021) y Ladybug (Ladybug Tools, 2021) para calcular la cantidad de energía

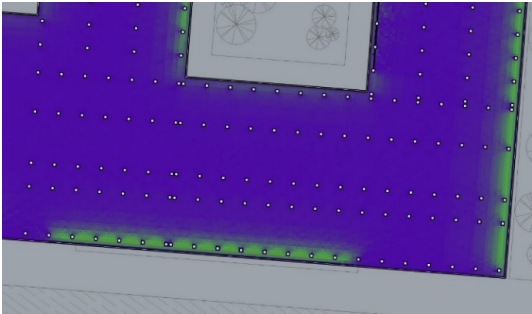


FIGURA 10. ENERGÍA SOLAR EN FACHADA SUR SIN ELEMENTO DE SOMBREADO.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Como se observa en la figura 10, el elemento de sombreado bloquea notablemente el paso de la radiación al interior, en comparación con la figura 9, en donde se observa una radiación más intensa en los espacios.

Fachada oeste

En el caso de la fachada poniente, se proponen persianas verticales giratorias, puestas al interior

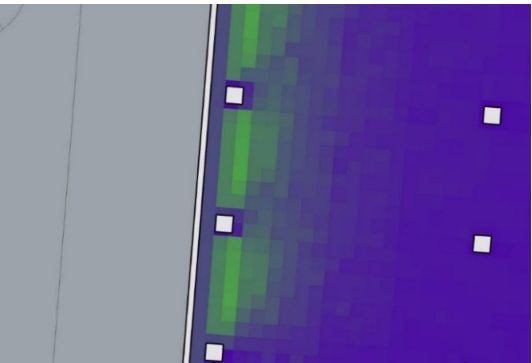


FIGURA 12. ESTADO ACTUAL DE LA RADIACIÓN SOLAR EN LOSA EN FACHADA OESTE SIN ELEMENTOS DE SOMBREADO.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

solar que recibe la losa en promedio al día. Se observa la radiación en verde en las zonas cercanas a las ventanas y en tonos azules y morados las zonas que menos reciben radiación.

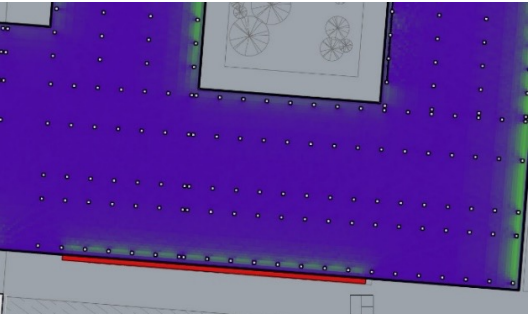


FIGURA 11. ENERGÍA SOLAR EN FACHADA SUR CON ELEMENTO DE SOMBREADO.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

para no modificar la fachada. Con la finalidad de comparar el estado actual con la propuesta, se realizaron las siguientes simulaciones. En la figura 11 se muestra la radiación en la fachada oeste sin los elementos de sombreado. En la figura 12 se muestra la radiación con las persianas verticales giratorias de la propuesta en diferentes ángulos de inclinación (30°, 0° y 60° de la perpendicular al muro de fachada).

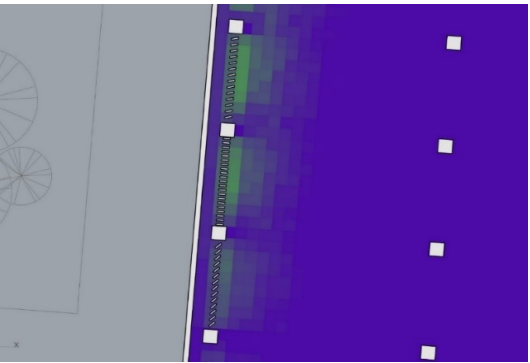


FIGURA 13. RADIACIÓN CON PERSIANAS VERTICALES INTERIORES EN DIFERENTES ÁNGULOS.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Se observa cómo disminuye la entrada de radiación solar a medida que va aumentando la inclinación de las persianas. Es importante recordar que hasta antes de mediodía la radiación solar no afecta de manera considerable en la fachada oeste, por lo que las persianas podrían abrirse para iluminar naturalmente hasta después de mediodía, que es cuando empieza a aumentar la temperatura en espacios interiores que genera incomodidad.

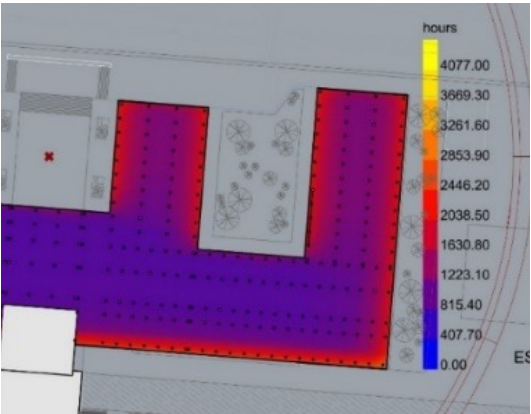


FIGURA 14. GRÁFICA DE HORAS CON LUZ NATURAL SIN ELEMENTOS DE SOMBRADO (ESTADO ACTUAL).
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Los elementos de sombreado ayudan a disminuir la entrada de radiación solar a los espacios interiores, lo cual ayuda a disminuir la energía que se utilice en enfriamiento. Sin embargo, con estos elementos de sombreado tiene repercusiones en la entrada de iluminación natural, por lo que se tendría que utilizar más energía en iluminación artificial.

Falta medir de manera cuantitativa las cargas de energía en climatización y compararlos con las cargas de energía en iluminación artificial y analizar si conviene ahorrar energía para aire acondicionado con una iluminación artificial eficiente con luminarias ahorradoras de energía o no.

CONCLUSIONES

El objetivo de esta investigación es encontrar si al aplicar estrategias de diseño pasivo en una intervención para nuevos usos sostenibles de un edificio patrimonial del siglo xx, se puede

Algo importante a considerar son las afectaciones a la iluminación natural interior de los espacios. Utilizando las mismas herramientas, se obtuvieron gráficos de la iluminación natural durante el año con y sin las persianas giratorias, para analizar cuánto interfieren en la entrada de luz solar. En la figura 13 se puede observar las horas con luz natural en el estado actual. En la figura 14 se ven las horas con luz natural considerando los elementos de sombreado.

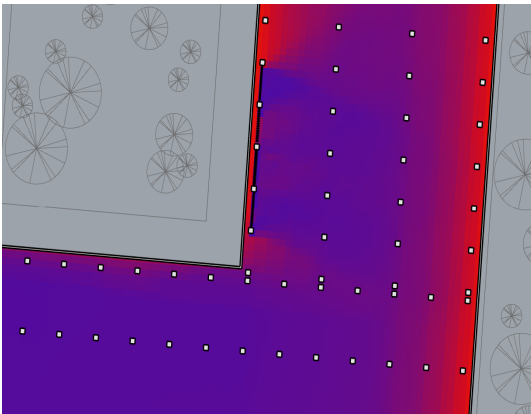


FIGURA 15. GRÁFICA DE HORAS CON LUZ NATURAL CON LOS ELEMENTOS DE SOMBRADO EN LA FACHADA OESTE.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

lograr una mayor eficiencia energética, sin cambiar la apariencia estética de la envolvente.

El análisis se limita a las estrategias de diseño pasivo aplicadas a muros y ventanas, comparando los resultados de la propuesta con el estado actual de la fachada sin ningún tipo de elemento ni sistema de diseño pasivo. Los resultados de la investigación del sitio sugieren que las mejores estrategias a aplicar son: elementos de sombreado en las fachadas sur y oeste, masa térmica en muros y sistemas de doble vidriado en ventanas.

Los resultados del análisis muestran que las propuestas de los elementos de la envolvente son más eficientes para alcanzar un confort térmico al interior. En el caso de las ventanas, tienen un menor flujo de calor del exterior al interior al cambiar a un sistema de doble acristalamiento con marco de madera. Se mantuvieron las proporciones y el diseño de las ventanas y se logró una mayor eficiencia cambiando sólo los materiales.

En cuanto a los muros, con y sin murales, alcanzaron un menor valor de transmitancia

térmica (valor U) al agregar masa térmica y materiales aislantes. En el caso de los muros con murales, alcanzaron un valor U de 1.10 W/m²K con poliestireno extruido, mientras que el mural en el estado actual tendría un valor aproximado de 2.45 W/m²K. En el caso de los muros que no tienen murales, se propuso un nuevo material cerámico en la fachada con el cual se obtuvo un valor U de 0.16 W/m²K, mientras que el muro actual tendría un valor U de 2.51 W/m²K.

En cuanto al elemento de sombreado en la fachada sur, se comprobó que generaba sombra en los meses más calientes y dejaba pasar la luz del sol en los meses más fríos, utilizando herramientas de simulación y modelado 3D. Se utilizaron los ángulos de diseño determinados por las gráficas de sombras y resultó en un alero de 63 cm de longitud.

En el caso de los elementos de sombreado en la fachada oeste, al ser elementos giratorios se analizó su eficiencia en diferentes ángulos con ayuda de modelados 3D. Se comprobó que ayudan a obstruir la radiación solar al interior, sin embargo, también impiden el paso de luz natural, por lo que valdría la pena evaluar si se ahorra más energía en climatización de los espacios o se ahorra energía en iluminación artificial.

Cabe señalar que, inicialmente, los materiales y elementos que se cambien conllevarán un aumento en las emisiones de carbono y consumo de energía. Por ejemplo, el cambiar las ventanas por un sistema de doble acristalamiento generará más emisiones que dejar las ventanas en su estado actual. Sin embargo, con las estrategias planteadas el edificio es más eficiente térmicamente, por lo que reduce las emisiones y el consumo de energía por el uso de aire acondicionado. Además del hecho que, por ser una intervención de un edificio que ya existe, se reducen considerablemente las emisiones que se generarían por construir un edificio desde cero. De esta manera, se comprueba que un edificio patrimonial puede intervenir con estrategias de diseño pasivo, adaptándose a las condiciones climáticas actuales.

En futuras investigaciones, quedan por realizar monitoreos de las cargas de aire acondicionado e iluminación artificial con los

sistemas de diseño pasivo y analizar su eficiencia para después contemplar la posibilidad de utilizar sistemas de energía renovable para que el edificio sea autosuficiente. También cabe la posibilidad de agregar tecnologías de energía renovable para lograr un edificio con valor patrimonial cero emisiones.

FUENTES DE CONSULTA

ICOMOS (Consejo Internacional de Monumentos y Sitios) (2019), *Future of Our Pasts: Engaging Cultural Heritage in Climate Action*. Disponible en: <https://www.icomos.org/en/77-articles-en-francais/59522-icomos-releases-future-of-our-pasts-report-to-increase-engagement-of-cultural-heritage-in-climate-action>, consultado el 12 de septiembre de 2022.

Ladybug Tools (2021), 'Ladybug 1.3'.

Lawrence Berkeley National Laboratory (2015), 'THERM'.

Lidelöw, S., Örn, T., Luciani, A., Rizzo, A. (2019), "Energy efficiency measures for heritage buildings: A literature review", *Sustainable Cities and Society*, (45), pp. 231-242. doi:10.106/j.scs.2018.09.029.

Martínez-Molina, A., Tort-Ausina, I., Cho, S. (2016), "Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 61(8), pp. 70-85. doi: 10.1016/j.rser.2016.03.018.

Palacios, A. P. (1954), "Antecedentes del Nuevo Centro SCOP y algunos aspectos del conjunto", *Espacios*, 21-22.

Robert McNeel & Associates (2021), 'Rhinoceros 7'.

Santamouris, M. and Vasilakopoulou, K. (2021), "Present and Future Energy Consumption of Buildings: Challenges and Opportunities towards Decarbonisation", *e-Prime*. Elsevier Ltd, 1(October), p. 14. doi: 10.1016/j.prime.2021.100002.

UCLA (2020), 'Climate Consultant 6.0'.

UNEP (2021), *Emissions Gap Emissions Gap Report 2021*. Disponible en: <https://www.unenvironment.org/interactive/emissions-gap-report/2019/>, consultado el 12 de septiembre de 2022.