

Estudio de dinámica de fluidos como medio de conservación programada del patrimonio, aplicado a la Casa de la Cultura de Liberia


Investigation into fluid dynamics for programmed conservation of heritage, applied to the Casa de la Cultura in Liberia

Enmanuel Salazar-Ceciliano¹, Marco-Antonio Barrantes-Elizondo²

Salazar-Ceciliano, E; Barrantes-Elizondo, M.A. Estudio de dinámica de fluidos como medio de conservación programada del patrimonio, aplicado a la Casa de la Cultura de Liberia. *Tecnología en Marcha*. Vol. 38, N° especial. Octubre, 2025. Escuela de Arquitectura y Urbanismo. Instituto TEC. Pág. 20-31.


 <https://doi.org/10.18845/tm.v38i7.8287>


1 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

 ensalazar@itcr.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0003-0304-7173>

2 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

 ma.barrantes@estudiantec.cr

 <https://orcid.org/0009-0001-6816-0815>



Palabras clave

Patrimonio cultural; arquitectura; bioclimatología; simulación; ventilación.

Resumen

La conservación programada representa un cambio de paradigma en cómo se mantienen las edificaciones patrimoniales. Implica que en lugar de intervenir un inmueble hasta que presenta daños visibles, se monitoreen los fenómenos potenciales causantes de lesiones y se programen acciones de conservación para evitar daños. Los softwares de dinámica de fluidos asistidos por computadora (CFD por sus siglas en inglés) son popularmente utilizados en análisis energéticos y de confort en espacios, pero al ser capaces de mostrar los flujos de aire en los inmuebles, también pueden funcionar para pronosticar o explicar daños causados por problemas en la ventilación. Este artículo pretende mostrar la metodología utilizada en el análisis de los flujos de la ventilación natural dentro de la Casa de la Cultura de Liberia en Costa Rica, utilizando el software AUTODESK CFD Ultimate y el protocolo de análisis de información desarrollado por Victor Fuentes Freixanet y Manuel Rodríguez Viqueira. Asimismo, los resultados planteados en este documento refuerzan la idea de que los objetos arquitectónicos están intrínsecamente vinculados a su entorno, por lo tanto, antes de planificar cualquier intervención en una edificación existente, es esencial examinar las variables contextuales. El documento tiene como marco el proyecto de investigación “La incidencia del uso de la tierra de la Ciudad de Liberia como material constructivo en el desempeño higrotérmico de los espacios internos mediante técnicas de simulación.” desarrollado por el Instituto Tecnológico de Costa Rica en cooperación con la Asociación para la Cultura de Liberia.

Keywords

Cultural heritage; architecture; bioclimatology; simulation; ventilation.

Abstract

Programmed conservation represents a significant shift in how heritage buildings are maintained. Instead of waiting for visible damage to occur before taking action, this approach focuses on monitoring potential risks that could cause harm and scheduling conservation measures proactively. Computer fluid dynamics (CFD) software is often employed in energy and comfort analyses of spaces, but its capability to visualize airflow in buildings makes it valuable for predicting or explaining damage resulting from issues related to natural ventilation. This article outlines the methodology used to analyze natural ventilation flows within the Casa de la Cultura of Liberia in Costa Rica, using AUTODESK CFD Ultimate software and a data analysis strategy developed by Victor Fuentes Freixanet and Manuel Rodríguez Viqueira. Additionally, the findings emphasize that architectural structures are inherently connected to their surroundings. Therefore, before planning any intervention in an existing building, it is crucial to consider contextual variables. This project is part of the research initiative titled “The Impact of Using Liberia City’s Soil as a Construction Material on the Hygrothermal Performance of Internal Spaces through Simulation Techniques,” developed by the Instituto Tecnológico de Costa Rica in collaboration with the Association for the Culture of Liberia.

Introducción

Los enfoques de cómo gestionar la conservación de los bienes patrimoniales han evolucionado con el tiempo. Actualmente, se está dejando de lado la visión de solo intervenir cuando se detecta un daño visible en el objeto, y en su lugar está tomando fuerza la visión de programar en el tiempo acciones que prevengan la aparición de lesiones, tomando como referencia la influencia que el entorno puede tener en el deterioro de los materiales. Esta postura se conoce como conservación programada y se ha venido desarrollando desde 1976 gracias a los aportes del crítico del arte italiano Giovanni Urbani [1]. Los objetos arquitectónicos de valor histórico no son ajenos a esta visión pues los elementos que los componen están en contacto directo con el ambiente, esto los puede llevar a dañarse con mayor facilidad, especialmente si se toma en consideración lo variable que se ha vuelto el entorno a raíz del cambio climático. [2]

Es por lo anteriormente expuesto que se deben realizar procesos de análisis que determinen el nivel de influencia que ejerce cada uno de los factores del sitio sobre el inmueble y las potenciales pérdidas que pueden ocurrir debido a características climáticas específicas [3] con el fin de garantizar la preservación de los bienes históricos y maximizar en el tiempo las inversiones realizadas.

El flujo del viento es un factor de afectación al que hay que prestarle importante atención ya que provoca procesos de erosión de materiales, principalmente en arquitectura en tierra [4]; facilita la distribución de esporas en el espacio, lo que ocasiona problemas de salud en los usuarios y proliferación de hongos [5]; además de generar afectaciones en el confort.

El Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS) recomienda el uso de herramientas científicas como los análisis de dinámica de fluidos por computadora (CFD por sus siglas en inglés) para ayudar a los profesionales en las labores de gestión de inmuebles patrimoniales [6]. Los análisis en CFD a nivel mundial están siendo utilizados en el campo de la conservación para determinar el flujo del viento dentro de edificaciones y la dispersión de partículas en un espacio, entre otros. [7]

La ciudad de Liberia (figura 1) se ubica en la región más seca y calurosa del pacífico norte costarricense. Su arquitectura tradicional presenta ciertas particularidades de adaptación climática, como lo son el uso de corredores, patios internos, puertas de sol (puertas de acceso en la esquina de la edificación) y el uso de sistemas constructivos en tierra [8] (sistemas de alta inercia térmica que retrasan el paso del calor al interior del inmueble), lo que las hace particularmente vulnerables a la acción del viento y la lluvia. La Casa de la Cultura de Liberia, por su parte, es una edificación ubicada en el sector antiguo de la ciudad, levantada a partir de técnicas de adobe y bahareque que representan fielmente el esquema arquitectónico de la época [9]. Fue declarada patrimonio histórico en abril de 1989. Actualmente funciona como sede de la Asociación para la Cultura de Liberia y está a la espera de someterse a una fase de restauración para poder reabrir la a la comunidad.

Como se observa en la figura 2, la Casa de la Cultura de Liberia se encuentra en un lote esquinero, y tiene planta de “L”, por lo que cuenta con dos fachadas expuestas a la vía pública (noreste y noroeste) y otras dos expuestas al patio de la propiedad (sureste y suroeste). A lo interno, el espacio está compartimentado en cuatro ambientes, dos en el ala noreste, una galería interna en forma de “L” que conecta todas las habitaciones y un núcleo de baños en el ala noreste el cual constituye una ampliación de la estructura original. Las habitaciones del sector noreste cuentan con vanos sin vidrio que conectan con el exterior, los cuales pueden cerrarse por medio de porticones de madera. En el sector de la galería en “L” los vanos configuran unas ventilas alargadas en el eje horizontal ubicados en la parte superior del muro, las cuales además se encuentran cubiertas por rejillas de madera que impiden obstaculizar la

visual desde la calle. La cubierta es de teja de barro con cerchas de madera, no presenta cielo raso y los aleros no sobrepasan los 60cm, lo que deja los muros expuestos a la lluvia y el viento, situación que se evidencia en las manchas de humedad visibles desde el exterior.



Figura 1. Fotografías internas y externas de la Casa de la Cultura de Liberia. Fuente: Proyecto “La construcción social del Centro Histórico de la ciudad de Liberia como un insumo para su gestión sostenible” del Instituto Tecnológico de Costa Rica

Las construcciones circundantes son todas de un nivel, es decir no superan los 3.5m de altura. El entorno se caracteriza por la presencia de árboles de mediano y gran tamaño, principalmente al norte y noreste, así como en el patio de la propiedad.

Este artículo se enmarca en el proyecto de investigación “La incidencia del uso de la tierra de la Ciudad de Liberia como material constructivo en el desempeño higrotérmico de los espacios internos mediante técnicas de simulación.” desarrollado por el Instituto Tecnológico de Costa Rica en cooperación con la Asociación para la Cultura de Liberia, y busca evaluar la ventilación natural en la Casa de la Cultura de Liberia para determinar su flujo y cómo este puede afectar los procesos de conservación del inmueble y el confort de los usuarios.



Figura 2. Toma satelital de contexto inmediato y planta de distribución de la Casa de la Cultura de Liberia a una altura. Planta de autoría propia. Imagen satelital extraída de Google Earth.

Materiales y métodos

Antes de realizar el análisis en CFD es necesario obtener los datos meteorológicos de la zona de estudio. En este caso, toda la información relacionada con el comportamiento climático proviene del sitio web “Climate.OneBuilding.Org”. Este sitio web genera un archivo cargado de metadatos en formato “.epw” que se alimenta de la información tomada entre el 2009 y el 2023 de la torre meteorológica ubicada en el Aeropuerto Internacional Daniel Oduber Quirós a 11 km lineales al oeste del punto de interés.

Seguidamente se importa el archivo “.epw” en el programa “Climate Consultant 6.0” para poder visualizar la información climática a través de tablas de datos y gráficos que resumen la información obtenida, como son las humedades, velocidades del viento según una temporalidad determinada o direcciones de este.

Se utiliza el método desarrollado por Fuentes Freixanet y Rodríguez Viqueira, el cual ha sido aplicado posteriormente por Salazar-Ceciliano, en donde la densificación o la cantidad de edificios y sus alturas, incluso la cantidad y el tipo de vegetación, son relevantes en el factor de rugosidad del terreno y como este altera la velocidad del viento [10] [11].

Como se observa en el cuadro 1, en los lugares en donde el factor de rugosidad es alto, la capa límite (altura en la que el contexto no repercute en la velocidad del viento) es muy elevada, mientras que en los lugares con baja rugosidad la capa límite es mucho más próxima a la superficie. Se utiliza entonces esta metodología, la cual aplica procedimientos de la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) para realizar correcciones a los datos de velocidad de viento obtenidos [10] [11].

Según ASHRAE [12] para determinar el efecto de la rugosidad se utiliza la siguiente ecuación:

$$V_{ref} = A_0 * V_{met}$$

Donde:

V_{ref} = Velocidad de referencia estimada (m/s)

A_0 = Constante de rugosidad

V_{met} = Velocidad meteorológica media (m/s)

La velocidad meteorológica corresponde a los datos obtenidos por la torre meteorológica y la constante de rugosidad está sujeta al sitio que se va a estudiar y se puede aproximar con la siguiente ecuación [12]:

$$A_0 = 1,291^{-0.005214(\delta-250)}$$

Donde:

A_0 = Constante de rugosidad

δ = Altura de capa límite (m)

Posterior a obtener la corrección de rugosidad se debe aplicar la corrección correspondiente a la altura, ya que usualmente los datos de viento obtenidos por las estaciones meteorológicas son calculados a 10 m sobre la superficie del terreno. Para calcularlo se utiliza la siguiente ecuación [12]:

$$V_H = V_{met} \left[\frac{\delta_{met}}{H_{met}} \right]^{a_{met}} \left[\frac{H}{\delta} \right]^a$$

Donde:

V_H = Velocidad del viento a la altura H (m/s)

V_{met} = Velocidad meteorológica (m/s)

δ_{met} = Capa de fricción en la estación meteorológica (m/s)

H_{met} = Altura meteorológica (m) (~10)

a_{met} = Exponente de velocidad media en la estación (~0,14)

a = Exponente de velocidad en el sitio

H = Altura de cálculo (m)

δ = Capa de fricción en el sitio (m)

En este proyecto se utilizó el programa Autodesk CFD Ultimate 2024, software especializado en la generación de análisis para la predicción del comportamiento de líquidos y gases [13], para simular el flujo de la ventilación de la Casa de la Cultura de Liberia y su contexto inmediato.

El modelo del inmueble se realizó en el programa Revit 2024. Es necesario que el modelo esté construido de una forma simplificada, a un nivel de detalle LOK 100, en donde únicamente existan los vanos en las paredes y no las familias correspondientes a puertas y ventanas. Este modelo luego fue cargado En Autodesk CFD Ultimate, donde se realizaron 50 iteraciones con la dirección predominante del viento proveniente del noreste según los datos meteorológicos consultados, tomando como referencia la velocidad de viento corregida por rugosidad y altura.

Cuadro 1. Constantes para calcular correcciones de velocidad de viento según capa límite.

Tipo de Terreno	Alturas de obstrucciones (m)	Capa de fricción o altura de capa límite (m)	Constante de rugosidad	Longitud de rugosidad (m)	Exponente de velocidad media
		δ			α
Grandes centros urbanos en los que al menos el 50% de los edificios tienen una altura mayor de 25 m de, con una distancia de al menos 0.8 km o 10 veces la altura de la estructura de barlovento, lo que sea mayor.	Mayor a 25	460	0,43	2	0,33
Áreas urbanas o suburbanas, áreas boscosas u otros terrenos con numerosos espacios cercanos con obstrucciones del tamaño de una vivienda unifamiliar o más grande, en una distancia de 460 m o 10 veces la altura de la estructura a barlovento, lo que sea mayor.	10-25	370	0,7	0,65	0,22
Terreno abierto con obstrucciones dispersas con alturas generalmente menores de 10 m incluyendo campo abierto típico de los alrededores de una estación meteorológica.	Menor a 10	270	1,16	0,05	0,14
Zonas planas sin obstáculos expuestas al viento, fluyendo sobre el agua por al menos 1.6 km, o sobre una distancia de 460 m o 10 veces la altura de la obstrucción tierra adentro, lo que sea mayor.		210	1,59	0,01	0,1

Fuente: [12].

Resultados

Según los datos consultados la velocidad del viento promedio corresponde a 2,33 m/s a 10 m sobre la superficie terrestre en la estación meteorológica ubicada en el Aeropuerto Internacional Daniel Oduber Quirós [14]. Luego de aplicada la metodología de correcciones se obtuvo una velocidad de 1,1m/s a una altura de 1,5m en el centro histórico de la ciudad de Liberia.

A nivel contextual, las figuras 3 y 4 muestran que, a pesar de que la simulación fue realizada tomando como referencia una velocidad de 1,1 m/s, la configuración urbana genera un efecto Venturi que hace que en algunos sectores se alcancen velocidades de hasta 3 m/s. El viento tiene una dirección predominante desde el noreste, más sin embargo las edificaciones ubicadas en este sector crean una sombra de viento que origina que la fachada noreste de la Casa de la Cultura de Liberia esté en presión negativa. En el sector noroeste el flujo de viento es paralelo a la fachada. El patio, al estar en sotavento, mantiene una presión negativa, y podría ser un sector importante de extracción del aire interno.

A nivel interno, las velocidades no superan los 1,3 m/s. En la figura 5 se observa como a nivel interno el flujo de la ventilación no es homogéneo. Las zonas en negro cuentan con una velocidad de aire mínima, mientras que las mayores velocidades se dan cerca de las puertas por el aumento de presión. La puerta de sol es el principal punto de entrada de aire a la casa, mientras que por las aperturas del sector noreste el flujo es mínimo. Las ventilas ubicadas en el sector de galería en “L” son tan estrechas que aceleran la velocidad del viento (figura 8). Esto provoca que a nivel interno el aire corra de forma transversal, favoreciendo el proceso de ventilación cruzada en este sector (figuras 6,7 y 9). Los puntos de salida de aire en ese sector son la puerta y las ventilas que comunican con el patio. En el caso de las habitaciones, el viento tiende a salir por los vanos ubicados en la fachada noreste, lo que confirma que esta fachada se encuentra en presión negativa. (figuras 5,6,7 y 9)

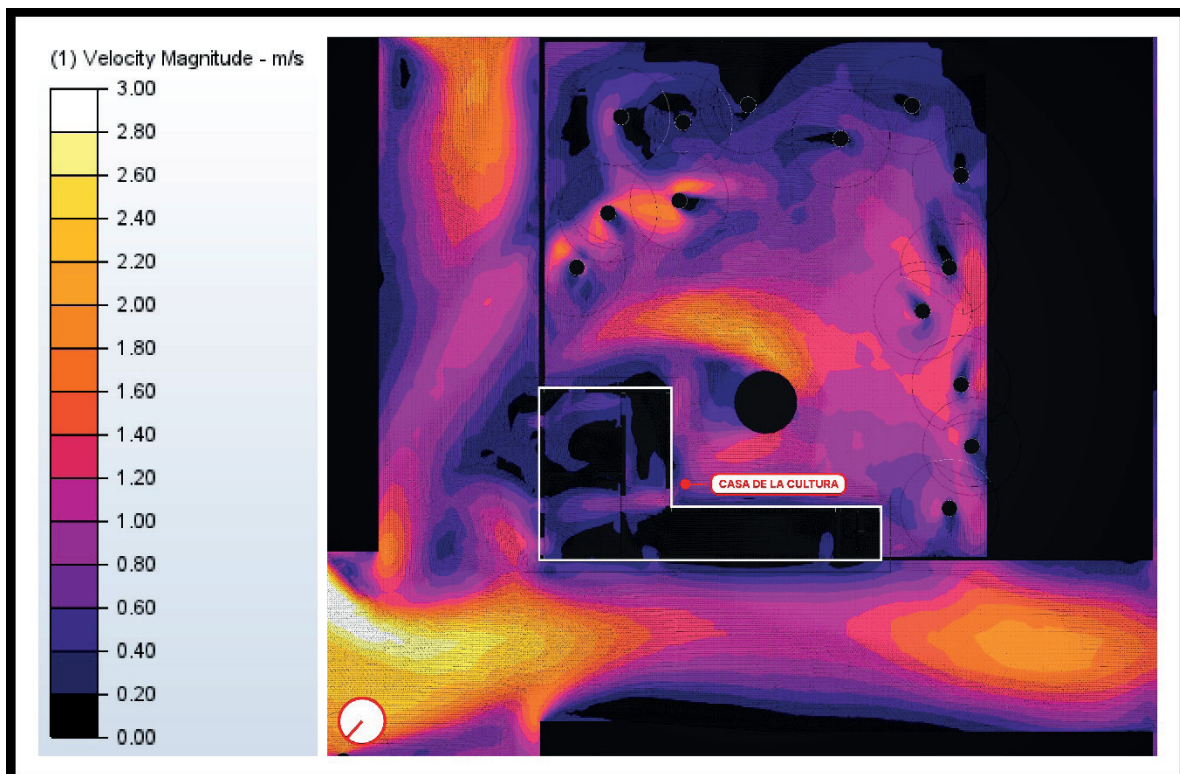


Figura 3. Simulación de viento del contexto inmediato de la Casa de la Cultura de Liberia a una altura de 1.5 metros sobre el nivel de la acera terminada. Autoría propia con el software AUTODESK CFD.

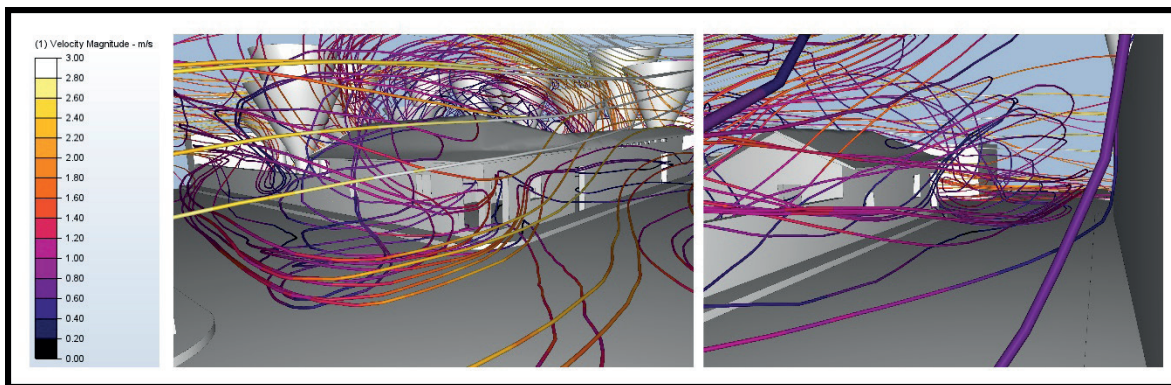


Figura 4. Visualización de flujo de viento a nivel contextual de la Casa de la Cultura de Liberia. Autoría propia con software AUTODESK CFD.

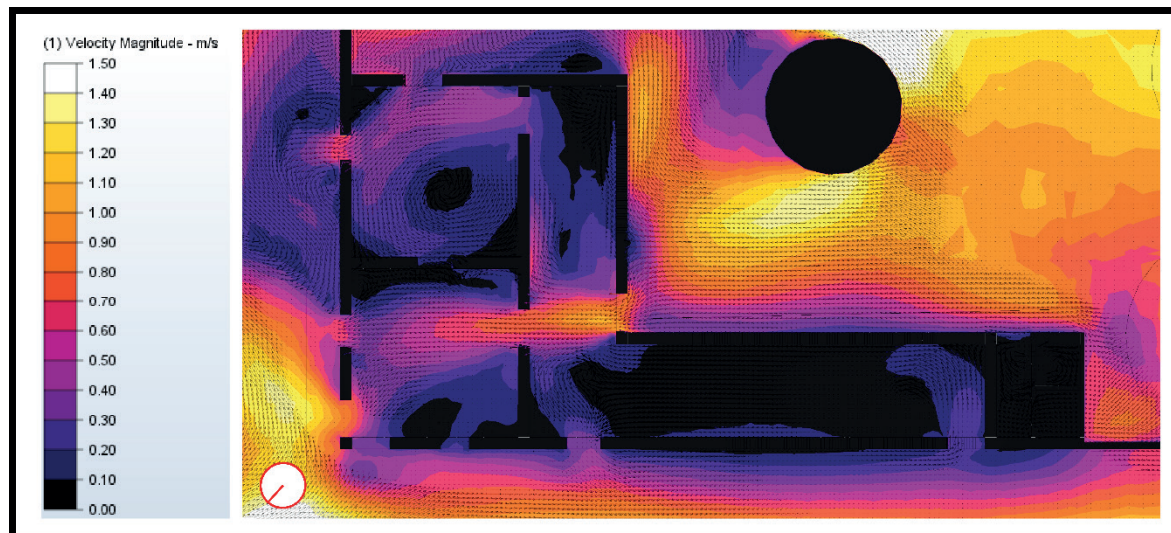


Figura 5. Simulación de viento de la planta de la Casa de la Cultura de Liberia a una altura de 1.5 metros sobre el nivel de piso terminado. Autoría propia a partir del software AUTODESK CFD.

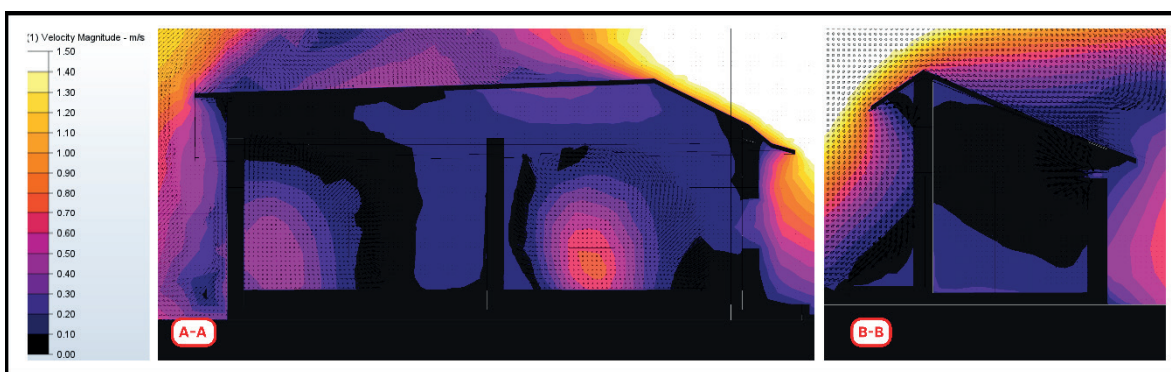


Figura 6. Simulación de viento de la sección A-A y B-B de Casa de la Cultura de Liberia. Autoría propia a partir del software AUTODESK CFD.

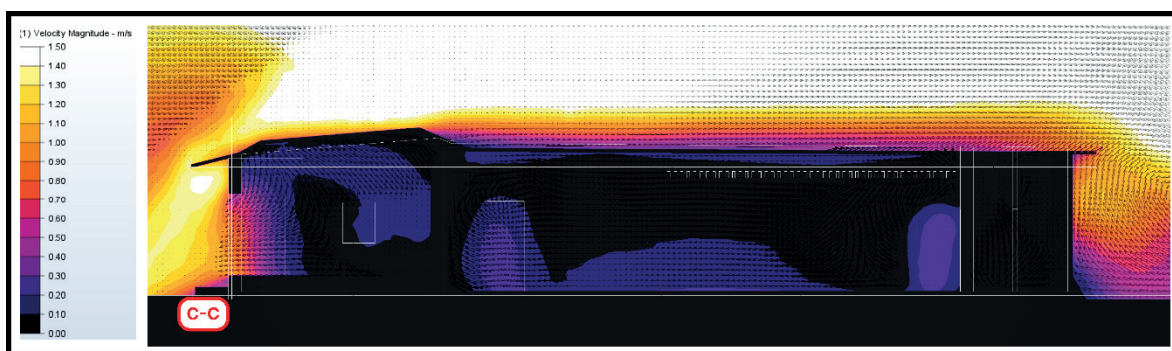


Figura 7. Simulación de viento de la sección C-C de la Casa de la Cultura de Liberia. Autoría propia a partir del software AUTODESK CFD.

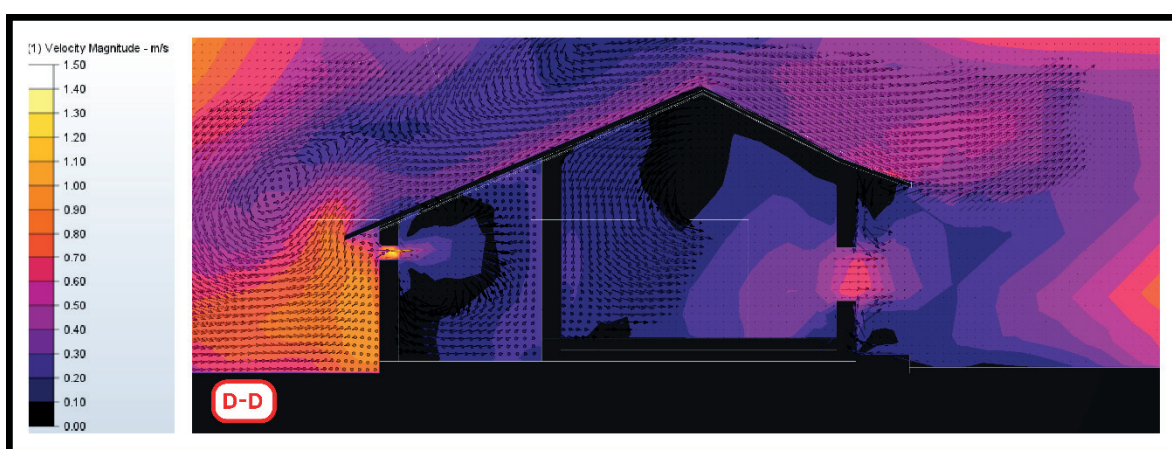


Figura 8. Simulación de viento de la sección D-D de la Casa de la Cultura de Liberia. Autoría propia a partir del software AUTODESK CFD.

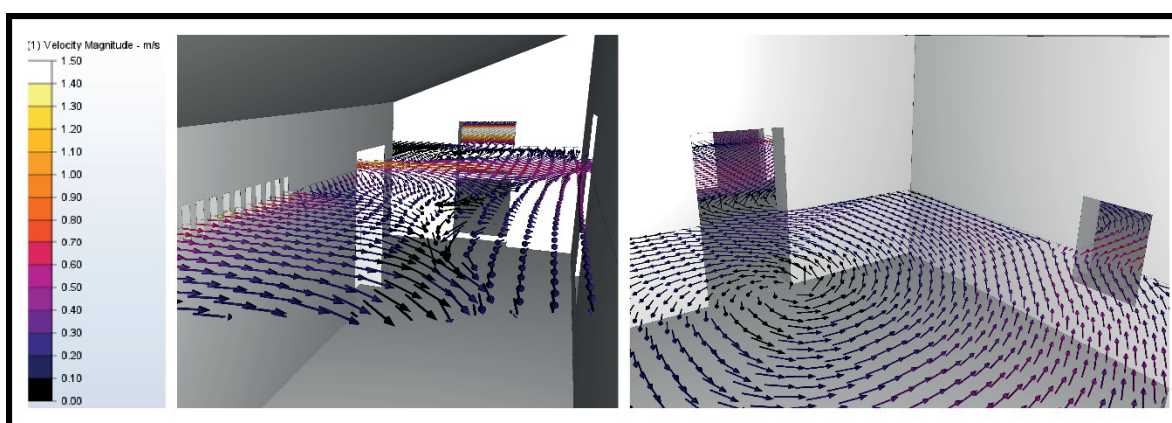


Figura 9. Ampliación de la simulación de viento en galería en "L" y habitación 2. Autoría propia a partir del software AUTODESK CFD.

Discusión

A pesar de que, a nivel de configuración de la envolvente la edificación cumple con los principios de ventilación cruzada al tener aperturas en fachadas opuestas [15], la compartimentación interna y las dinámicas del entorno imposibilitan que este proceso de ventilación natural se lleve a cabo en todos los espacios de la vivienda. Además, la configuración de las aperturas hace que el proceso de ventilación existente dependa de que las puertas estén siempre abiertas.

La mayor parte del espacio interno presenta velocidades inferiores a 0.6m/s, lo que, dadas las altas temperaturas de la zona, constituye una magnitud muy baja si se desea coadyuvar a los procesos de termorregulación del cuerpo de los ocupantes únicamente con ventilación natural. Además, la figura 4 muestra que la mayor parte de las esquinas de los espacios presentan calmas de viento, lo que favorece la acumulación de humedad y la generación de lesiones derivadas de la misma.

A nivel externo, la fachada suroeste está completamente expuesta a la acción del viento y el agua, lo que se evidencia con lesiones presentes en el muro, como los son manchas de arrastre, erosión del material, entre otros.

Se entiende que la edificación en estudio puede responder a condiciones del entorno que no son las actuales, y que por su declaratoria de protección no puede ser sometida a cambios que afecten su imagen histórica, pero es importante considerar en su intervención los siguientes aspectos:

- Generar una ventila en el tapichel de la habitación 2 para propiciar una ventilación interna por medio del fenómeno stock, es decir, que el aire caliente pueda salir por medio de aperturas ubicadas en la parte superior del espacio. Esto no afectaría la imagen del inmueble, ya que el tapichel no es apreciable fácilmente desde la vía pública, y podría generar nuevos flujos internos de viento.
- Revisar el diseño de las rejillas de las ventilas actuales con el objetivo de aumentar el caudal de aire que entra y sale del interior.
- Las variables del entorno imposibilitan que todas las fachadas que dan a la vía pública estén en presión positiva para garantizar la entrada de aire por todas las aperturas de la envolvente, por lo que se debe considerar un sistema de ventilación mixto que incorpore elementos de bajo consumo energético como ventiladores.
- Monitorear los niveles de humedad y temperatura en el interior del espacio para determinar los momentos del día en que los elementos abatibles de la envolvente (puertas y porticones) deban estar abiertos, así como cuando se deben encender los elementos activos.

Conclusiones

El estudio demuestra como el análisis de la ventilación natural mediante la dinámica de fluidos computacional (CFD) es fundamental para comprender como una edificación se relaciona con su entorno, permitiendo identificar oportunidades de mejora del espacio a futuro. En el caso particular de la Casa de la Cultura de Liberia, se ha observado como, a pesar de cumplir con principios teóricos, los procesos de ventilación natural son deficientes, lo que refuerza la necesidad de utilizar análisis de CFD antes de cualquier intervención para corroborar los eventos climáticos propios de un sitio. Además, el ejercicio demuestra que los objetos arquitectónicos no son elementos aislados de su entorno y que antes de empezar a diseñar o plantear cualquier intervención de una edificación existente, es fundamental analizar las variables del contexto.

El análisis presentado en este documento se limita a analizar únicamente el movimiento del aire, por lo que sería importante complementar con estudios de temperatura y humedad a nivel interno para corroborar la efectividad de otras estrategias pasivas y técnicas constructivas. Asimismo, la investigación establece las bases para desarrollar estrategias de conservación a futuro y revisar las propuestas de intervención existentes.

Referencias

- [1] E. Salazar-Ceciliano y R. E. Malavassi-Aguilar, «La conservación programada y su aplicación en la arquitectura: un análisis bibliométrico,» *Tecnología en marcha*, vol. 33, n° 8, pp. 79-88, 2020. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5511>
- [2] Climate Change and Cultural Heritage Working Group International Council on Monuments and Sites - Icomos Paris, «The future of our pasts: engaging cultural heritage in climate action,» Icomos, París, 2019.
- [3] H.-H. Hsu y J.-S. Huang, «Passive Environmental Control at Neighborhood and Block Scales for Conservation of Historic Settlements: The Case Study of Huatzai Village in Wang-An, Taiwan,» *Sustainability*, vol. 14, n° 11840, 2022. <https://doi.org/10.3390/su141911840>
- [4] A. S. Hussein y H. El-Shishiny, «Influences of wind flow over heritage sites: A case study of the wind environment over the Giza Plateau in Egypt,» *Environmental Modelling & Software*, vol. 24, n° 3, pp. 389-410, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2008.08.002>
- [5] N. Mesquita, F. Soares, H. Paiva de Carvalho, J. Trovao, Pinheiro A., I. Tiago y A. Brizon Portugal, «Air and wall mycobiota interactions—A case study in the Old Cathedral of Coimbra,» de *Viruses, Bacteria and Fungi in the Built Environment: Designing Healthy Indoor Environments*, F. Pacheco-Torgal, V. Ivanov y J. O. Falkinham, Edits., Woodhead Publishing, 2022, pp. 101-125. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85206-7.00011-3>
- [6] P. Jerome, «Recommendations from the ICOMOS Scientific Council Symposium: Changing World, Changing Views of Heritage: Technological Change and Cultural Heritage,» ICOMOS, Valletta, 2009.
- [7] S. Zhang, K. C. Kwok, H. Liu, Y. Jiang, K. Dong y B. Wang, «A CFD study of wind assessment in urban topology with complex wind flow,» *Sustainable Cities and Society*, vol. 71, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103006>
- [8] D. Chang-Albizurez y R. E. Malavassi-Aguilar, «Centro histórico de Liberia, diagnóstico arquitectónico y urbano,» *Tecnología en marcha*, vol. 36, n° Número especial, pp. 6-19, 2023. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i9.6953>
- [9] «N° 18896-C Declaratoria patrimonial,» *La Gaceta*, n° 64, 3 abril 1989.
- [10] V. Fuentes Freixanet y M. Rodríguez Viqueira, Ventilación natural: cálculos básicos para arquitectos, Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana, 2004.
- [11] E. Salazar-Ceciliano, «Análisis de flujo de ventilación mediante software de CFD como mecanismo de conservación del patrimonio, aplicado a la Antigua Capitanía de Puerto Limón,» *Tecnología en marcha*, vol. 33, n° 8, pp. 61-70, 2020. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i8.5509>
- [12] American Society of Heating, Refrigerator, and Air Conditioning Engineers, «ASHRAE Handbook, Fundamentals,» Atlanta, 2017.
- [13] AUTODESK, «AUTODESK CFD,» [En línea]. Available: <https://www.autodesk.com/products/cfd/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=SCFDM>. [Último acceso: 21 Febrero 2025].
- [14] Climate.OneBuilding, «Climate.OneBuilding.org,» 4 Noviembre 2024. [En línea]. Available: https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_4_North_and_Central_America/CRI_Costa_Rica/index.html. [Último acceso: 11 Noviembre 2024].
- [15] J.-Y. Deng, Y. Xia, H. Lao, Y. Ye, Z. Wang y H. Jiang, «Natural ventilation potential of teaching building complexes with different block shapes and layout patterns,» *Journal of Building Engineering*, vol. 96, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110420>

Declaración sobre uso de Inteligencia Artificial (IA)

Para la revisión gramatical y ortográfica de este artículo, empleamos la herramienta de IA Copilot. Esta nos permitió identificar errores y mejorar la fluidez del texto. No obstante, realizamos una revisión final para garantizar que el artículo cumpliera con los estándares de calidad de la revista..