



Herramienta de código abierto para el pos-procesamiento de métricas dinámicas y visualización de resultados a partir de datos originales de simulaciones anuales

Monteoliva Juan Manuel - Schumacher Emanuel R.

Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE), CONICET, Mendoza, Argentina

Resumen: Radiance desde los 00s se convirtió en el motor de cálculo de iluminación más validado y elegido por la comunidad científica y junto a nuevos avances tecnológicos-teóricos han marcado los estándares actuales del análisis dinámico de la iluminación natural en espacios construidos. Sin embargo, de forma nativa no cuenta con un programa de post-procesamiento con este fin. Fiel a su filosofía y versatilidad, Radiance ofrece al usuario esta labor de acuerdo a sus inquietudes, generando que la mayoría de profesionales proyectistas adquieran herramientas validadas pagas para realizar estos análisis. El objetivo del trabajo es desarrollar y aplicar una herramienta de post-procesamiento que permita calcular y visualizar métricas dinámicas de luz natural a través de parámetros y criterios personalizables por el usuario. La metodología está dividida en dos bloques: (a) diseño de la herramienta y (b) aplicación. Como resultado se obtiene una descripción detallada del método de construcción de la herramienta y sus 6 ciclos de pos-procesamiento. y una análisis dinámico completo de la Villa de los Misterios (Nápoles, Italia). Este desarrollo busca proveer a los profesionales de una nueva herramienta de código abierto validada para su descarga gratuita y futuras mejoras.

Palabras claves: iluminación natural, métricas dinámicas, post-procesamiento.

Abstract: Since the 2000s, Radiance has become the most validated lighting calculation engine chosen by the scientific community and, together with new technological-theoretical advances, has set the current standards for dynamic daylight analysis in buildings. However, natively it does not have a post-processing program for this purpose. True to its philosophy and versatility, Radiance offers the user this job according to their concerns, causing most professional designers to purchase validated payment tools to carry out these analyses. The objective of the work is to develop and apply a post-processing tool that allows to calculate and visualize dynamic daylight metrics through parameters and criteria customizable by the user. The methodology is divided into two blocks: (a) tool design and (b) application. As a result, a detailed description of the construction method of the tool and its 6 post-processing cycles and a complete dynamic analysis of the Villa of the Mysteries (Naples, Italy) are obtained. This development seeks to provide professionals with a new validated open source tool for free download and future improvements.

Keywords: daylight, dynamic metrics, post-processing.

I. INTRODUCCIÓN

El programa Radiance se desarrolló originalmente en los 90s como una herramienta de investigación para explorar técnicas avanzadas de representación de imágenes con base física para el diseño de iluminación. Sin embargo, desde los 00s, se convirtió en el motor de cálculo de iluminación más validado y elegido por la comunidad científica. Este programa disponible en código fuente C para sistemas similares a UNIX® (Mac/Windows) se lanzó en el 2002 bajo licencia de código abierto y cuenta con una colección de más de 50 programas [1]. Sus principales beneficios radican en: (i) calcular con precisión luminancias e iluminancias, (ii) modelar luz natural y artificial, (iii) admitir una amplia variedad de modelos de reflectancia y (iv) geometrías complejas, y (v) tomar entradas no-modificadas de sistemas CAD.

Este motor de cálculos, junto a nuevos avances teóricos-tecnológicos denominado *paradigma dinámico*, han marcado los estándares actuales a lo que se refiere el análisis del rendimiento lumínico de los edificios. Estos avances vinieron acompañados con una serie de *métrica dinámicas*, requisito actual en las principales certificaciones energéticas del mundo. Sin embargo, de forma nativa Radiance no cuenta

con un programa de post-procesamiento para la obtención de estas métricas dinámicas. Fiel a su filosofía y versatilidad, éste ofrece al usuario generar sus propios análisis de acuerdo a sus inquietudes. De esta forma los usuarios pueden: (i) contar con la capacidad de desarrollar y validar sus propias herramientas de post-procesamiento o (ii) adquirir de forma directa/indirecta software propietario (pagos) para usar herramienta validadas como DIVA for Rhino [2], Ladybug [3], ClimateStudio, Pollination, etc. Siendo esta última opción, la elegida por la mayoría de profesionales proyectistas.

En la actualidad, la investigación moderna depende en gran parte del software. El acceso al código fuente de dicho software permite la recreación y reproducibilidad de una investigación [4]. Como varios autores afirman, actualmente el resultado computacional es publicidad y no investigación académica. Lo realmente académico es poder ofrecer el software, el código fuente y los datos que dieron esos resultados [5, 6]. Esta línea de pensamiento al igual que el movimiento mundial de *ciencia abierta* surgido de la comunidad científica, abogan por una mayor accesibilidad, colaboración, eficiencia y transparencia de la investigación, para que sea más democrática y con mayor vinculación a las necesidades de la Sociedad. En este contexto, el objetivo del trabajo radica en desarrollar y aplicar una herramienta de post-procesamiento de código abierto que permita calcular métricas dinámicas de luz natural a través de parámetros y criterios personalizables por el usuario. Asimismo, a partir de la fecha de divulgación de este artículo queda disponible la herramienta para su uso gratuito y colaborativo en el repositorio de aplicaciones GitHub.

II. METODOLOGÍA

La metodología se divide en dos bloques: (1) diseño de la herramienta y (2) aplicación.

A. Diseño de la herramienta

El diseño de la herramienta de post-procesamiento se puede dividir en los 6 ciclos: (1) recolección de datos de salida del simulador, (2) preparación y filtrado a través de criterios personalizables, (3) 'input' o datos de entrada, (4) cálculo de métricas, (5) 'output' o datos de salida y (6) almacenamiento de los resultados.

1. *Colección de datos de salida del simulador.* El paradigma dinámico de simulación de la iluminación natural ha marcado en las últimas décadas los estándares actuales requeridos por normas y certificaciones energéticas. Éste permite evaluar el comportamiento de la iluminación natural durante las 24 horas los 365 días del año (8760 horas), a partir de una precisa caracterización de cielo obtenida de bases climáticas satelitales o terrestres [7]. Los datos de salida generados por simuladores dinámicos son simplemente archivos con valores separados por coma (por convención en el simulador *.dat), con una serie de columnas correspondientes a cada uno de los sensores de la grilla y las 8760 horas del año (filas). Este archivo lo denominaremos 'output.dat' y es uno de los requeridos como punto de partida de herramienta en el ciclo 3.
2. *Preparación y filtrado a través de criterios personalizables.* En la primera sección del código de la herramienta se definen las carpetas donde se encuentran alojados los datos de salida del simulador 'output.dat' y las coordenadas de la grilla de medición que denominaremos 'grid01.csv'. En la siguiente sección 'métricas dinámicas' es posible personalizar parámetros como: límite inferior para la luz natural autónoma o *daylight autonomy* (DA) [8] (por defecto 200 lux) y rango de iluminancias diurnas útiles o *useful daylighting illuminances* (UDI) [9] (por defecto 100-2500 lux [10]). De forma complementaria, esta herramienta también permite modificar el porcentaje de tiempo anual, que al menos, debe considerarse para calcular el porcentaje del área del espacio con ocurrencias de iluminancias establecidas en DA y UDI. Este valor por defecto es del 50% del año y es requerido para el cálculo de las métricas espaciales como luz natural autónoma espacial o *spatial daylight autonomy* (sDA) [11] e iluminancias diurnas útiles espaciales o *spatial useful daylighting illuminances* [12].
3. *Input o datos de entrada.* Los datos requeridos son 'output.dat', 'grid01.pts' y el archivo de ocupación del espacio o 'schedule'. Los primeros dos, configurados en el ciclo 1, requiere de la nomenclatura [results_parentID_resultID] con extensión *.csv y *.pts, respectivamente; siendo [parentID] la denominación del caso de estudio y [resultID] la denominación del espacio a analizar (o grilla). Por último, los 'schedules' requieren la nomenclatura [schedule_parentID_scheduleID.csv]; siendo [parentID] compartido por los otros datos de entrada y [scheduleID] una denominación para los horario y periodo de análisis seleccionados. Este último archivo *.csv contiene 5 columnas: mes, día, hora, hora de uso (tipo de dato binario,

1 ocupado y 0 desocupado) y periodo de análisis (tipo de dato binario, 1 ocupado y 0 desocupado). De esta forma la herramienta tiene la capacidad de procesar múltiples grillas y archivos de ocupación del espacio en simultáneo.

4. *Cálculo de métricas dinámicas.* Se mantiene la metodología ampliamente validada y documentada. Las métricas clásicas incorporadas al post-procesamiento son: DA, sDA, UDI y sUDI. Breve descripción: DA, porcentaje anual de los intervalos de tiempo ocupados cuando la iluminancia excede un umbral predefinido (por defecto 200 lux). sDA, porcentaje de un espacio que recibe una iluminancia objetivo mínima predefinida (por defecto 200 lux) durante al menos el 50% de las horas anuales ocupadas. UDI, porcentaje anual de los intervalos de tiempo ocupados cuando la iluminancia es útil -dentro de los límites inferior y superior- (por defecto 100-2500 lux). sUDI, porcentaje de un espacio que recibe iluminancias útiles -dentro de los límites inferior y superior- durante al menos el 50% de las horas anuales ocupadas. De forma complementaria, se incorpora el indicador de iluminancia diurna característica o *characteristic daylight illuminance* (CDI) [13]. Esta métrica proporciona una interpretación inversa al DA. Ésta no representa un porcentaje de tiempo correspondiente a una iluminancia objetivo (por ejemplo, 200 lux), sino una iluminancia de tarea (0lx, 50lx, 100lx, 200lx, 300lx, 500lx, 750lx, 1000lx, 2000lx) correspondiente al porcentaje de tiempo ocupado.
5. *Output o datos de salida.* Se dividen en dos módulos: (i) post- procesamiento de datos, donde se obtiene una serie de archivos individuales por grilla 'procesados_*.csv' y un archivo resumen 'unificado_*.csv'. (ii) Visualización de datos, serie de gráficos de mapa de calor o *heatmaps* de cada una de las métricas analizadas 'procesados_*.png'.
6. *Almacenamiento de los resultados.* Los resultados son guardados en la carpeta auto-generada PAC. En el interior se encuentran los archivos resultantes del pos-procesamiento de datos (procesados*.csv y unificado*.csv) y una carpeta PAC/imagenes con los gráficos obtenidos (imagenes*.png).

B. Aplicación en caso de estudio

1. Caso de estudio: Villa de los Misterios (latitud 40° 45' N; longitud 14° 28' E), ubicada en el Parque Arqueológico de Pompeya (Nápoles, Italia). Se trata de una villa suburbana situada fuera de los muros norte de la antigua ciudad, en un terreno en pendiente, elegido por el maravilloso panorama que ofrecía. La Villa fue totalmente descubierta en 1929-1930 por Amedeo Maiuri y su núcleo original data de la primera mitad del siglo II a.C. [14]. El análisis de luz natural fue focalizado en 62 espacios interiores, caracterizados por el ingreso directo e indirecto de luz natural.



Figura 1. Villa de los Misterios (Nápoles, Italia).

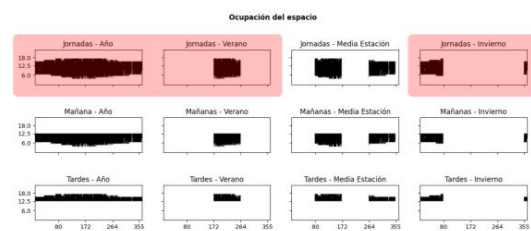


Figura 2. Archivos de ocupación del espacio generados.

2. Simulación dinámica. El modelo tridimensional y la asignación de los materiales se mantienen de acuerdo a las características publicadas previamente [13]. El archivo meteorológico empleado fue 'ITA_CM_Napoli-Capodichino.AP.162890_TMYx.epw', en el cual se consideran solo las horas con disponibilidad de radiación solar (desde el amanecer al atardecer). Los valores de iluminancia obtenidos surgen de las 62 grillas de sensores ubicadas a una altura de .7 m con una distribución homogénea (distancia entre sensores 0.5 m). Los parámetros de simulación fueron '-ad 10000 -lw 1e-5 -ab 5'. El equipamiento y recursos empleados: PC Lenovo ThinkPad L15 Intel i5-10210U 32 GB - MS Windows 11; Portátil MacBook Pro Apple M1 Pro 16 GB - MacOS Ventura 13.2.1. Para el pos-procesamiento se generaron 12 archivos de ocupación del espacio considerando: (i) horas de ocupación (jornada, mañana -del amanecer a 12:30-, tarde desde las 13:30 al atardecer- y (ii) periodo de análisis para el hemisferio norte (anual, verano -06/21 al 09/20-, media-estación -09/21 al 12/20- e invierno -12/21 al 03/20-) (Figura 2). Sin embargo, dado el volumen de datos procesados y la limitación en la extensión del artículo se decide reducir el análisis a la obtención de las métricas DA_{300lux} , $sDA_{300lux,50\%}$ para los periodos jornada-anual (a), jornada-invierno (b), jornada-verano (c). Asimismo, la métrica CDI sólo para (a) y visualización de estas métricas a

través de mapas de calor para las tres configuraciones de ocupación del espacio (a, b y c) (Figura 2, 'schedules' coloreados). Finalmente, se genera un breve análisis estadístico de correlación para confirmar o rechazar la hipótesis de una relación entre la clasificación de zonas propuesta en esta villa romana [13] y los resultados de disponibilidad de luz natural (DA_{300lux}) obtenidos en este estudio. Hasta el momento la zonificación solo era una propuesta teórica basada en criterios generales de luz natural y su ingreso directo o indirecto en el espacio: zona 1 (z1), correspondiente a porches; zona 2 (z2) correspondiente a espacios que reciben luz solar directa procedente de tejados o aberturas laterales directamente orientadas al exterior; zona 3 (z3) correspondiente a espacios orientados a z1 y z2 -por lo tanto, con luz natural indirecta-; y zona 4 (z4) espacios casi completamente oscuros -correspondiente a espacios orientados a z3-.

III. RESULTADOS

A. Diseño de la herramienta

Como resultado se obtiene el Programa de Automatización de Cálculo - Métricas Dinámicas (PAC-MD). Esta herramienta se encuentra escrita en lenguaje de programación *python* 3.9 y usa librerías *numpy* 1.22.4, *pandas* 1.5.0, *matplotlib* 3.6.0 y *glob*. Éstas focalizadas en el manejo de datos y cómputo numérico bajo licencia de software libre son usadas intensivamente en el ámbito académico y profesional para tareas similares; y su uso está ampliamente validado. PAC-MD puede ser ejecutado en entornos como los que ofrece Visual Studio Code o simplemente corriendo desde línea de comando con Python.

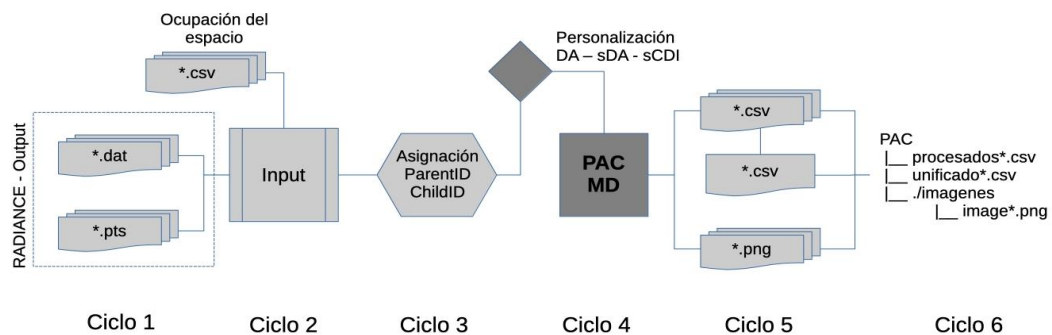


Figura 3. Flujo de trabajo de PAC-Mdv.0.7

PAC-MD ofrece a los profesionales una herramienta de post-procesamiento de métricas dinámicas para altos volúmenes de datos que prioriza la automatización de diferentes procesos, con un mínimo de configuración por parte del usuario. Estos procesos podemos dividirlos en los 6 ciclos generales de post-procesamiento: (1) recolección de datos de salida del simulador, (2) preparación y filtrado a través de criterios personalizables, (3) 'input' o datos de entrada, (4) cálculo de métricas, (5) 'output' o datos de salida y (6) almacenamiento de los resultados (Figura 3).

Cabe destacar que todas estas cualidades, si bien existen en software propietarios, no se han encontrado de forma gratuita ni bajo licencia de código abierto. Al igual que la filosofía propuesta por el motor de cálculo Radiance esta herramienta forma parte del repositorio GitHub. Este repositorio es un portal creado para alojar el código de las aplicaciones de desarrolladores de los más utilizados en el mundo, y que como usuario no sólo permite descargar la aplicación, sino también entrar al perfil, leer sobre ella y/o colaborar con su desarrollo. Para acceder a PAC-MD es necesario ingresar a la cuenta del Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE CONICET) a través del siguiente enlace: [[PAC-MD](#)]

B. Aplicación

1. *Resultado de análisis dinámicos.* El criterio de análisis de los resultados, fue a partir de la clasificación por zona [13].

En primera instancia, se analizan las métricas dinámicas DA_{300lux} (Figura 4) y $sDA_{300lux, 50\%}$. A nivel general podemos observar un comportamiento similar entre ambas, obteniendo una disminución gradual de los porcentajes zona a zona. Esta disminución, en el caso de DA_{300lux} , se refiere a la disponibilidad de iluminancias ≥ 300 lux, y en el caso de $sDA_{300lux, 50\%}$, porcentaje de área que cumple al menos el 50% del año con DA_{300lux} . En ambos casos tanto la z1 como z4 son las que se observa menor dispersión de los datos, mientras que en la z3 (en DA_{300lux} y $sDA_{300lux, 50\%}$), y z3-z4

(en DA_{300lux}); esta dispersión aumenta. Como podemos deducir desde la propuesta teórica tanta la $z2$ como $z3$, corresponden a los espacios que combinan luz directa e indirecta generando un importante abanico de comportamientos lumínicos dentro de la villa suburbana. Sin embargo, las $z1$ y $z4$, son claramente espacios con luz directa y espacios casi oscuros, respectivamente. Si hablamos de medidas de tendencia central podemos decir que la medias del DA_{300lux} son $z1 > 95\%$, $z2 = 87-97\%$, $z3 = 20-35\%$ y $z4 < 5\%$ y del $sDA_{300lux,50\%}$ $z1$ y $z2 \approx 100\%$, $z3 = 10-27\%$ y $z4 \approx 0\%$.

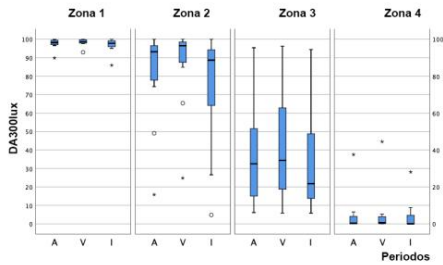


Figura 4. DA para las distintas zonas de la villa y los periodos analizados (Anual, Verano e Invierno)

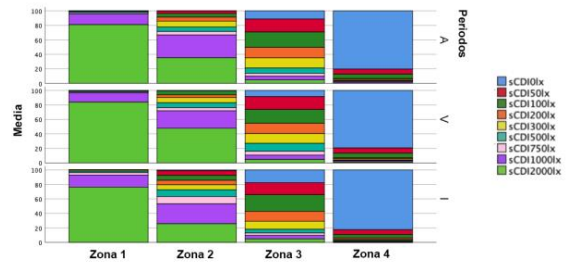
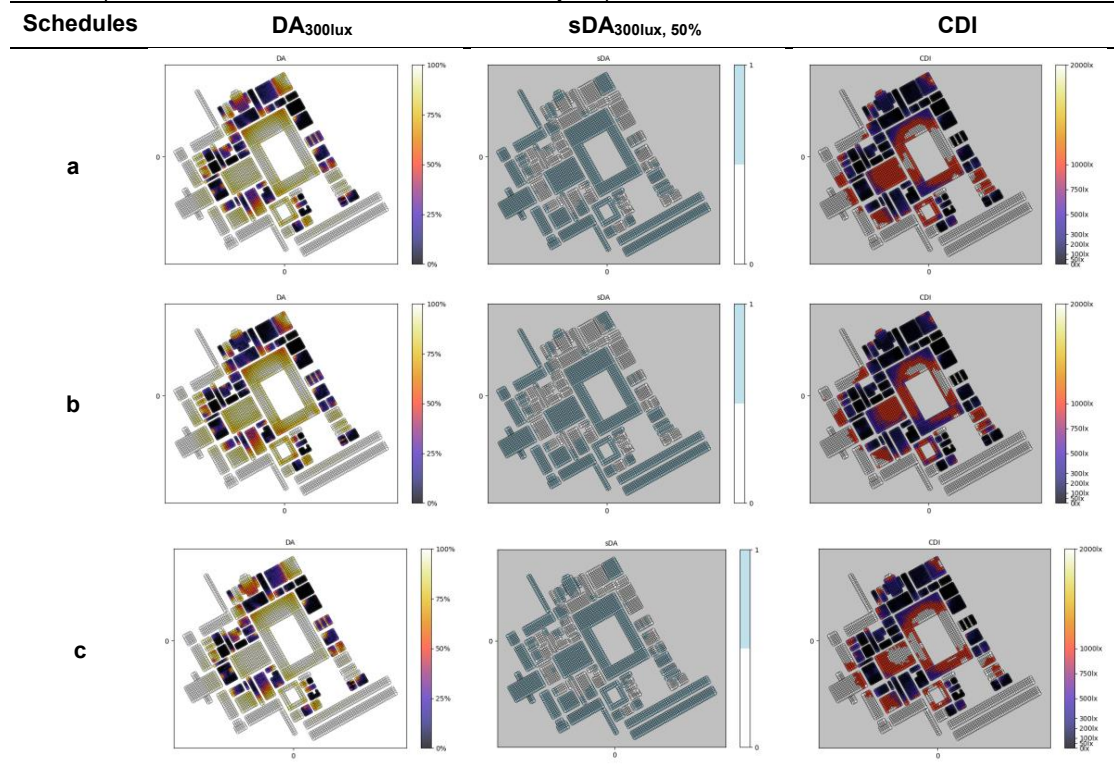


Figura 5. CDI anual (A) para las distintas zonas de la villa

Por otro lado, al analizar CDI, claramente observamos un comportamiento similar al obtenido en DA_{300lux} y $sDA_{300lux,50\%}$ (Figura 5). Sin embargo, una de las cualidades de estas métricas radica en descomponer dentro de la disponibilidad de luz natural el peso de las iluminancias características (E_c) del espacio. Es decir, gracias a este concepto no solo podemos decir que la $z1$ es la que presenta la mayor disponibilidad ($DA_{300lux} > 95\%$), sino que principalmente (más del 50% del año) las E_c de la zona son de 2000 lux y 1000 lux. Sin embargo, en la $z2$ las E_c altas reducen su peso porcentual y el 35% de ellas pasan a ser de iluminancias entre 50-750 lux. Como se mencionó la $z3$ presenta un amplio abanico de condiciones lumínicas y esto se ve reflejado en la gráfica donde se observa varias E_c predominantes < 300 lux. Finalmente, en la $z4$ de forma inversa a lo ocurrido en $z1$, la E_c es principalmente de 0 lux. * Se deja a disposición del lector en el siguiente link [[PAC-MD](#)] las tablas completas con todos los resultados obtenidos y esquemas de uso. A continuación, en la Tabla 1, los heatmaps obtenidos para los periodos analizados: jornada-anual (a), jornada-invierno (b), jornada-verano (c) .

Tabla 1. Mapas de calor obtenidos en las métricas dinámicas y los periodos analizados



2. *Análisis de relación entre zonas y disponibilidad de luz natural.* Como resultado del análisis estadístico de la prueba no-paramétrica de Spearman se confirma la hipótesis. Se encuentra una correlación negativa significativa entre la clasificación por zona en los periodos analizados (anual, verano e invierno) y la disponibilidad de luz natural (DA_{300lux}). Se comprueba que la clasificación por zona a partir del criterio de luz directa e indirecta resulta robusta para estimar la disponibilidad de luz natural (DA_{300lux}), obteniendo para los periodos de análisis (a) $r = -.799$, $p = .000$, (b) $r = -.817$, $p = .000$, (c) $r = -.768$, $p = .000$. Como se puede observar se presenta una relación alta ($r > .7$) y significativa entre ambas variables en todos los periodos de análisis.

IV. DISCUSIÓN

En el presente artículo se pone a disposición de los profesionales una nueva herramienta libre y gratuita denominada PAC-MD la cual posibilita el post-procesamiento de simulaciones dinámicas obtenidas en motores cálculos avanzados de luz natural. En ella no sólo es posible analizar diferentes métricas clásica (DA, sDA, UDI y sUDI) y nuevas propuestas (CDI), sino personalizar diferentes parámetros de acuerdo a las inquietudes del usuario. Por otro lado, esta herramienta puede ser anexada al flujo de trabajo de Radiance, ya que inicia con sus datos de salida, manteniendo las extensiones y convenciones de archivos (*.dat, *.pts, *.csv). Otro aspecto importante de PAC-MD está en posibilitar el tratamiento de múltiples input o datos de entrada potenciando estudios paramétricos en tiempos de ejecución mínimos. Estas cualidades permitieron el post-procesamiento de 744 condiciones, las cuales de forma manual o semi-automática hubiera sido difícil de realizar y con requerimientos de tiempos importantes. A modo de referencia, el modelo 3D de la Villa de los Misterios con sus 62 archivos de datos (20 puntos de medición promedio con información de las 8760 horas del año) y los 12 archivos de ocupación de espacio, se ejecutó en el Equipo 1 (ver descripción en sección II.B.2) en 0:07:35 minutos y Equipo 2 0:00:28.56 minutos. Durante el cómputo se registraron valores de consumo del 28% de CPU y 300MB de memoria RAM para el equipo 1, mientras que para el equipo 2 se reducen considerablemente los valores por su procesador M1. Estos valores de carga computacional son triviales para un computador moderno actual. El uso de librerías como Pandas y Numpy permitió mejorar los tiempos de procesamiento y cálculo que de otra manera hubieran requerido un tiempo mayor de desarrollo del código para obtener tiempos similares

Por el momento PC-MD puede usarse a través de un editor de código, si bien su interfaz de usuario (UI) es una limitación actual, la estructura y una serie de comentarios/definiciones a lo largo del código hacen que su uso sea posible en usuarios con conocimientos básicos de programación. Asimismo, se acompaña esta herramienta dentro del repositorio GitHub con un archivo README.md donde se puede seguir paso a paso su instalación y ejecución a través de un ejemplo.

Como resultado de la aplicación de PAC-MD, fue posible conocer por zona las características de las condiciones lumínicas de 62 espacio de la villa romana. Estas condiciones se estudiaron en diferentes esquemas de uso a través de la disponibilidad de la luz natural (DA_{300lux} , $sDA_{300lux,50\%}$ y CDI). Los resultados obtenidos en las métricas como el análisis estadístico, confirman la hipótesis de una estrecha relación entre su arquitectura y la disponibilidad de luz natural. A partir de estos resultados, surgen nuevos interrogantes, en los cuales se está trabajando: ¿La relación se mantiene en distintos umbrales de DA? ¿Y en alturas? ¿Sería posible aplicar esta zonificación a otras construcciones antiguas?

V. CONCLUSIONES

PAC-MD ofrece a los usuarios de entorno de simulación Radiance agilizar y potenciar el post-procesamiento de métricas dinámicas y visualización de resultados, actualmente sólo disponible en software propietarios como DIVA for Rhino, Ladybug, ClimateStudio, Pollination. A partir de su incorporación al repositorio de proyecto abierto Github [[PAC-MD](#)] se provee de accesibilidad a todos los usuarios. Esto involucra no solo la posibilidad de su descargada y revisión, sino también la creación de ramificaciones o nuevas modificaciones, dando la posibilidad a incorporar nuevas capacidades a la herramienta. En la próxima de desarrollo se preve mejoras en los tiempos de procesamiento mediante la optimización en el manejo de los archivos, de forma tal de poder administrar de una forma más eficiente grandes volúmenes de archivos en algunos equipos. A su vez se trabajará en expandir las capacidades en la generación de imágenes mediante la combinación de los datos procesados, creando gráficas enriquecidas en la información mostrada.

Este artículo es solo el principio de un posicionamiento de los autores ante la ciencia moderna y la importancia de generar acciones en dirección a una ciencia abierta.

VI. RECONOCIMIENTOS

Esta investigación fue apoyada por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET, Argentina) - PIBAA 2872021010-0031CO y la Agencia Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas Promoción (ANPCyT, Argentina) - PICT 2019-04356. La fuente de financiación no participó en el diseño de este estudio; en la recopilación, análisis e interpretación de datos; en la redacción del informe; o en la decisión de someter el artículo para su publicación.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ward L.G., Shakespeare, R. (1998). *Rendering with Radiance: The art and science of lighting visualization*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- [2] Jakubiec, J.A., Reinhart, C.F. (2011). DIVA 2.0: Integrating daylight and thermal simulations using Rhinoceros 3D, Daysim and EnergyPlus. In: *Proceedings of the International Building Simulation Association Conference*, pp. 2202–2209.
- [3] Roudsari, M., Subramaniam, S. (2016). Automating radiance workflows using Python. In: *15th International Radiance Workshop*. Padova, Italy.
- [4] Lowndes, Julia S. Stewart, Benjamin D. Best, Courtney Scarborough, Jamie C. Afflerbach, Melanie R. Frazier, Casey C. O'Hara, Ning Jiang, and Benjamin S. Halpern (2017). 'Our Path to Better Science in Less Time Using Open Data Science Tools'. *Nature Ecology & Evolution* 1, no. 6 (23 May 2017): 0160. <https://doi.org/10/gc4jb3>.
- [5] Buckheit, J.B., and David L. Donoho (1995). WaveLab and Reproducible Research'. In *Wavelets and Statistics*, edited by Anestis Antoniadis and Georges Oppenheim, 103:55–81. New York, NY: Springer New York, 1995. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2544-7_5.
- [6] Iorfa, S.K.; Maes, M.; Ku, S.; Brou, A.M.; Gönül, B.; Benítez, Y.R; Makila, M.L.; Monteoliva, J.M; Van Aken, M.A.G. (2022). On open science and regain of public trust in science: The imperative, rationale and trade-offs. In: *Proceedings of Reproducibility, Replicability and Trust in Science*. United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. Cambridge.
- [7] Monteoliva, J. M., Villalba, A., & Pattini, A. E. (2017). Variability in dynamic daylight simulation in clear sky conditions according to selected weather file: Satellite data and land-based station data. *Lighting Research and Technology*, 49(4), 508–520. <https://doi.org/10.1177/1477153515622242>
- [8] Reinhart, C.F., Walkenhorst, O. (2001). Validation of dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a test office with external blinds. *Energy Build.* 33, 683–697. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(01\)00058-5](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(01)00058-5).
- [9] Nabil, A., Mardaljevic, J. (2006). Useful daylight illuminances: a replacement for daylight factors. *Energy Build.* 38, 905–913.
- [10] Mardaljevic, J., Heschong, L., Lee, E.S. (2009). Daylight metrics and energy savings. *Light. Res. Technol.* 41, 261–283.
- [11] IESNA (2013). LM-83-12: Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE). The Illuminating Engineering Society of North America (IES).
- [12] Konis, Kyle; Gamas, Alejandro; Kensek, Karen (2016). Passive performance and building form: An optimization framework for early-stage design support. *Solar Energy*, 125(), 161–179. doi:10.1016/j.solener.2015.12.020
- [13] Monteoliva, J. M., Bellia, L., Fragiasso, F., & Pattini, A. (2020). Ancient Romans and daylighting: the case of Villa of the mysteries in Pompeii. *Journal of Cultural Heritage*, 43, 204–218. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2019.12.008>.
- [14] A. Maiuri, *La Villa Dei Misteri*, Libreria dell Stato, Roma, 1931.

VIII. BIOGRAFÍAS



Dr. Juan Manuel Monteoliva

Investigador Asistente. Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE), CONICET, Mendoza, Argentina. Enlaces de interés: [CONICET](#) - [ResearchGate](#).



Ing. Emanuel R. Schumacher

Personal de Apoyo. Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE), CONICET, Mendoza, Argentina. Enlaces de interés: [CONICET](#)