

COMUNICAR LA ARQUITECTURA

DEL ORIGEN DE LA MODERNIDAD A LA ERA DIGITAL

eug

© Los autores

© Universidad de Granada

ISBN(e) 978-84-338-7371-2

Edita:

Editorial Universidad de Granada

Campus Universitario de Cartuja

Colegio Máximo, s. n., 18071, Granada

Tel.: 958 243930-246220

Web: editorial.ugr.es

Maquetación: Noelia Iglesias Morales

Diseño de cubierta: Francisco Antonio García Pérez (imagen de fondo: detalle de *Blue on almost white*, Nikodem Szpunar, 2022)

Imprime: Printhauss

Printed in Spain

Impreso en España

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

INTRODUCCIÓN	XXIII
Juan Calatrava, David Arredondo Garrido, Marta Rodríguez Iturriaga	

TOMO I

FOTOGRAFÍA, CINE, PUBLICIDAD: LA COMUNICACIÓN VISUAL

DOS PELÍCULAS SOBRE LA COMIDA Y LA CIUDAD	29
Juliana Arboleda Kogson	
EL PAISAJE DE LA ESPAÑA MODERNA DEL <i>BOOM</i> DESARROLLISTA A TRAVÉS DE LAS TARJETAS POSTALES	37
Cristina Arribas Sánchez	
CLOTHING, WOMEN, BUILDINGS. THE ARCHITECTURAL IMAGES IN FASHION MAGAZINES.	49
Chiara Baglione	
LA PLAZA (BAQUEDANO) EN LA CIUDAD (DE SANTIAGO DE CHILE) EN DIEZ FOTOGRAFÍAS: DISCURRIR DE UN IMAGINARIO URBANO A TRAVÉS DE SU REGISTRO VISUAL	61
Pedro Bannen Lanata, José Rosas Vera	
ARQUITECTURA POPULAR Y PAISAJES SIMBÓLICOS: LA HUELLA DE FEDERICO GARCÍA LORCA EN EL CINE ESPAÑOL	75
Paloma Baquero Masats, Juan Antonio Serrano García	
ESPACIO URBANO Y ARQUITECTURA EN LA REPRESENTACIÓN CINEMATOGRAFICA DE LA MARGINALIDAD COMO TEXTO MODELIZADOR DE LA CULTURA. UNA APROXIMACIÓN DESDE LA SEMIÓTICA DE LA CULTURA	87
Diana Elena Barcelata Eguiarte, Andrea Marcovich Padlog	

LA ARQUITECTURA EN LA ERA DE LA COMUNICACIÓN DIGITAL

LA DIFUSIÓN DE LA ARQUITECTURA EN LA ERA DE LA POST-FOTOGRAFÍA: EXCESO Y ACCESO	1547
Luisa Alarcón González, Mar Hernández Alarcón	
UNA MIRADA DESDE EL METAVERSO A LA CIUDAD	1557
Mónica Alcindor, Alejandro López	
MANIERISMO ON STEROIDS: REFLEXIONES EN TORNO A LOS PROCESOS CREATIVOS EN LA ERA DE LA COMUNICACIÓN DIGITAL	1565
Serafina Amoroso	
APLICACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ARQUITECTURA. CLASIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE OBRA EN LA ERA DIGITAL	1577
Guido Cimadomo, Vishal Shahdarpuri Aswani, Jorge Yeregui Tejedor	
FROM PHYSICAL TO DIGITAL: THE IMPACT OF TWENTY YEARS OF WEB 2.0 ON ARCHITECTURE	1587
Giuseppe Gallo	
NIKOLAUS PEVSNER EN LA BBC: LA COMUNICACIÓN ORAL DE LA HISTORIA DEL ARTE Y LA ARQUITECTURA	1599
David García-Asenjo Llana, María Pura Moreno Moreno	
CREAFAB APP: HERRAMIENTA DIGITAL PARA LA INVESTIGACIÓN Y GESTIÓN DE PROCESOS DE REINDUSTRIALIZACIÓN CREATIVA EN CIUDADES HISTÓRICAS	1613
Francisco M. Hidalgo-Sánchez, Safiya Tabali, María F. Carrascal-Pérez	
REPRESENTACIÓN Y DIFUSIÓN DIGITAL DEL PATRIMONIO MONÁSTICO: EL PROYECTO DIGITAL SAMOS	1627
Estefanía López Salas	
ARQUITECTURA PARA REDES O ARQUITECTURA PARA LA VIDA	1639
Ángela Marruecos Pérez	
ENSEÑAR EL PROYECTO (Y TRANSFORMAR LA CIUDAD) EN LA ERA DE LA COMUNICACIÓN DIGITAL	1649
Paolo Mellano	
REVISTAS DE ARQUITECTURA LATINOAMERICANAS: EXPERIENCIAS Y RESULTADOS DE ARLA	1661
Patricia Méndez	
LA MUTACIÓN DEL DIBUJO PLANO A LA REALIDAD AUMENTADA. UNA NUEVA FORMA DE COMUNICAR EL ESPACIO Y SU CONSTRUCCIÓN EN LA ARQUITECTURA	1673
Alejandro Muñoz Miranda	
¿INVESTIGACIÓN O ACTIVISMO? EL CASO DEL MAPA INTERACTIVO DIGITAL DE ARQUITECTURAS IDEADAS POR MUJERES EN ESPAÑA, 1965-2000	1683
Lucía C. Pérez Moreno, David Delgado Baudet, Laura Ruiz-Morote Tramblin	

Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en arquitectura. Clasificación y análisis de obra en la era digital

Uses of Artificial Intelligence in Architecture. Classification and Analysis of Work

GUIDO CIMADOMO

Universidad de Málaga, cimadomo@uma.es

VISHAL SHAHDADPURI ASWANI

Universidad de Málaga, vishal@uma.es

JORGE YEREGUI TEJEDOR

Universidad de Málaga, jyeregui@uma.es

Abstract

En menos de una década la disciplina arquitectónica y su educación serán totalmente transformadas por la implementación de herramientas de inteligencia artificial. Este proyecto de investigación se centra en el análisis de la obra de cuatro premios Pritzker publicada en el portal *ArchDaily*, aplicando un modelo de aprendizaje supervisado de clasificación de imágenes de tipo etiquetado múltiple, que muestra las probabilidades que cada una de las imágenes introducidas pertenezca a uno de los cuatro arquitectos incluidos en el proceso de aprendizaje. En este primer ensayo, realizado con un conjunto de entrenamiento limitado a 1500 imágenes, se obtiene una precisión media de 0,992. Se realiza un testeo inicial con proyectos de diez arquitectos no incluidos en el proceso de aprendizaje, descubriendo patrones que van más allá de las influencias directas entre proyectos o estrategias similares de diseño, y reconociendo aspectos estructurales de las influencias del lenguaje arquitectónico de ciertos arquitectos.

In less than a decade the architectural discipline and its education will be totally transformed by the implementation of artificial intelligence tools. This research project focuses on the analysis of the work of four Pritzker Prize winners published on the website *ArchDaily*, applying a supervised learning multi-label image classification model, which shows the probabilities that each of the images input belongs to one of the four architects included in the learning set. In this first test, performed with a training set limited to 1500 images, an average accuracy of 0.992 is obtained. An initial run is performed with projects of ten architects not included in the learning process, discovering patterns that go beyond direct influences between projects or similar design strategies, and recognizing structural aspects of the influences of the architectural language of certain architects.

Keywords

Crítica arquitectónica, inteligencia artificial, redes neuronales convolucionales, historiografía. Architectural critic, artificial intelligence, convolutional neural networks, historiography.

Introducción

El sociólogo y teórico de la arquitectura Benjamin Bratton describe el estado actual de la investigación en Inteligencia Artificial (IA) asimilándola a la época del cine mudo, destapando así el potencial existente que se desarrollará en los próximos años.¹ Según este autor, en menos de una década veremos la disciplina arquitectónica y su educación totalmente transformadas. Explorar las potencialidades de la IA y el rol de las redes neuronales de aprendizaje profundo (*deep learning*) es un objetivo hoy en día indiscutible en cualquier campo, que promete la mejora de las capacidades humanas en identificar relaciones ocultas y la gestión de una importante cantidad de información de una forma eficiente y de otro modo imposible de manejar.

En un mundo dominado por las tecnologías de la información y la comunicación (TICs), resulta inmediato pensar en el potencial de las máquinas para automatizar procesos y mejorar el rendimiento de análisis en numerosos campos disciplinarios. La rápida evolución de la IA en todos los sectores de la sociedad, se apoya en la apuesta de gigantes de la comunicación en red, como Alphabet, que desarrollan sus sistemas basados en IA para la gestión, búsqueda y predicción del ingente volumen de datos manejados por los usuarios.

La cada vez mayor relevancia que tienen las imágenes ofrece un escenario ideal para la implementación de esta última a la crítica arquitectónica, ámbito que hasta el momento no se ha visto afectado por transformaciones metodológicas originadas por el cambio de la era digital.

La comunicación, análisis, crítica y difusión de la arquitectura ha sufrido grandes cambios en las últimas décadas; el ecosistema ha crecido exponencialmente con la inclusión de los canales digitales, y su proliferación y relevancia los está convirtiendo en el lugar de almacenamiento del conocimiento arquitectónico de la era actual.² Se observa la cada vez mayor brecha existente entre los medios de comunicación de arquitectura convencionales y los contenidos demandados por el usuario en la red, que se dirigen hacia las redes sociales y los repositorios digitales como fuente de información e inspiración. Al igual que en muchos otros sectores, se ha consolidado un criterio de valoración que, si bien objetivo, se aleja de los tradicionales cánones aplicados al ámbito arquitectónico: reina el concepto de los big-data. Mayores flujos, mayor cantidad de información y mayor interacción significan mayor visibilidad y mayores ingresos económicos. Esto deja a un lado los criterios de selección previos, siendo ahora el mismo arquitecto el que se preocupa por seleccionar lo que quiere transmitir y cómo –con la utilización cada vez más destacada de la fotografía– distribuyendo los contenidos directamente a todas estas plataformas.

Se asiste así a la desaparición del rol del crítico o editor, reemplazado por el mismo autor y en última instancia por el usuario final, que con sus *likes* determina el éxito de una obra. Si

¹ Neil Leach, *Architecture in the age of artificial intelligence: an introduction for architects* (Londres; Nueva York: Bloomsbury Visual Arts, 2021).

² Guido Cimadomo, Rubén García Rubio y Vishal Shahdadpuri Aswani, “La diseminación de la arquitectura en la era digital. El ecosistema de las revistas (digitales), repositorios y redes sociales”, *Constelaciones. Revista de Arquitectura de la Universidad CEU San Pablo*, n.º 9 (2021): 157-173, <https://doi.org/10.31921/constelaciones.n9a10>.

esto ofrece una mayor democratización de las obras, se observa a la vez un incremento significativo en el volumen de los proyectos publicados, que hace prácticamente imposible seguir su desarrollo. Este incremento de información obliga a la utilización de herramientas informáticas para resolver esta mayor complejidad, siendo la oportunidad de comprobar la utilidad de la inteligencia artificial como apoyo a la labor crítica, que defendemos tiene que ser realizada por especialistas del sector. La interacción humanos-máquinas, hoy en boga bajo el concepto de relaciones post-humanas, puede sin embargo enriquecer el análisis que se produce, siendo por lo tanto deseable ir más allá de considerarla una simple herramienta de apoyo.

En el ámbito específico de la arquitectura, el aprendizaje automático propio de la inteligencia artificial está siendo investigado e implementado en los flujos de trabajo, aunque posiblemente con un retraso respecto a otras disciplinas.³ La empresa XKool es pionera en desarrollar una plataforma de IA en la nube para utilizar la potencia de cálculo de los ordenadores en las tareas analíticas más repetitivas, permitiendo al arquitecto centrarse en las tareas más artísticas e innovadoras, y también facilitar el acceso a la profesión a sectores más amplios de la población.⁴

En el campo de la creatividad artística se puede citar el trabajo de Corinne Vionnet. En la serie “Photo Opportunities”, la fotógrafa suiza utiliza cientos de fotografías publicadas en las redes sociales otorgando un valor documental en su conjunto que individualmente no poseerían, al construirse una nueva imagen del monumento fruto de múltiples miradas.⁵ Una aplicación más radical es la denominada *Neural Architecture*, que a partir de la información existente en forma de *datasets* ofrece la generación de nuevas y originales síntesis proyectuales (por ahora limitadas a las dos dimensiones), aunque basadas en las preexistencias que la alimentan.⁶

Más próximos a la presente propuesta de investigación son los trabajos de José Llamas,⁷ que ha desarrollado nuevas técnicas para la clasificación de imágenes y la documentación del patrimonio cultural arquitectónico a través del *deep learning*. Los resultados obtenidos

³ Phil Bernstein, *Machine Learning: Architecture in the Age of Artificial Intelligence* (Londres: RIBA Publishing, 2022), <https://doi.org/10.4324/9781003297192>.

⁴ Edoardo Bruno, “Commentary / Integrating AI and Deep Learning within Design Practice Processes: XKool Technology”, *Ardeth. A Magazine on the Power of the Project*, n.º 5 (1 de noviembre de 2019): 220-226; “Design Collaboration with Artificial Intelligence | Autodesk University”, *Autodesk* (sitio web), 15 de diciembre de 2021, accedido 15 de julio de 2023, <https://www.autodesk.com/autodesk-university/blog/Design-Collaboration-Artificial-Intelligence-2021>.

⁵ Corinne Vionnet, *Photo Opportunities* (Heidelberg: Kehrer, 2011).

⁶ Matías Del Campo, “Deep Mining Architecture Datasets, Neural Networks, and Architectural Design”, *Gradient Journal* (sitio web), Feed #2 (2021), <https://gradient-journal.net/articles/deep-mining-architecture-datasets-neural-networks-and-architectural-design>.

⁷ Jose Llamas et al., “Applying Deep Learning Techniques to Cultural Heritage Images Within the INCEPTION Project”, en *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection*, ed. por Marinos Ioannides et al., (Cham: Springer International Publishing, 2016), 25-32, https://doi.org/10.1007/978-3-319-48974-2_4; Jose Llamas et al., “Classification of Architectural Heritage Images Using Deep Learning Techniques”, *Applied Sciences* 7, n.º 10 (26 de septiembre de 2017): 992, <https://doi.org/10.3390/app7100992>.

por su grupo de investigación permiten un elevado reconocimiento de elementos constructivos basándose en la agrupación de categorías por medio de jerarquías cada vez más complejas. En la misma línea trabajan Date y Allweil aplicando redes neuronales convolucionales (CNN) para el análisis y la identificación sistemática del patrimonio urbano de Tel Aviv a partir de las imágenes disponibles en Google Street View.⁸ Por otro lado, Yoshimura et al. en el MIT están aplicando las mismas técnicas de *deep learning* para identificar, a partir de fotografías de edificios icónicos, al arquitecto autor del proyecto.⁹ En este caso el reconocimiento de las características propias de cada arquitecto viene realizado no tanto a través de la clasificación de elementos, sino de forma similar al trabajo de los historiadores y críticos, basándose en conceptos más abstractos, relacionados con la espacialidad y la luz. En el ámbito de la historia del arte, también de interés para esta investigación, se está aplicando la IA para reconocer el autor de una obra a través de las pinceladas utilizadas,¹⁰ o para identificar el estilo de una determinada pintura.¹¹

El objetivo general de la investigación busca establecer relaciones entre arquitectos y obras publicadas a una escala global utilizando su difusión en redes y medios digitales a través de la identificación de los patrones, y por ende las genealogías, que permiten la evolución del lenguaje arquitectónico. La metodología prevista contempla evaluar el estado actual de la inteligencia artificial en la búsqueda de patrones en el lenguaje arquitectónico contemporáneo, su aplicación y avance para cumplir con el objetivo señalado. Los resultados de este proyecto se consideran un primer paso para configurar las herramientas que permitan escribir una rigurosa y global historia de la arquitectura del siglo XXI.

Metodología

El objeto de estudio se centra en el análisis de la obra arquitectónica publicada en el portal *ArchDaily*. Éste, junto a *Dezeen*, *Designboom*, *Architizer*, *Architect*, o *Divisare* son algunos de los portales de arquitectura más importantes por el número de publicaciones diarias y de visitas. A través de la herramienta Alexa.com, que ha suspendido sus servicios en mayo de 2022, se ha identificado *ArchDaily* como el portal con mejor posicionamiento y mayor impacto sobre los usuarios, tanto por número de páginas visitadas, como por tiempo medio pasado en las mismas. Su oferta dedicada a través de siete dominios organizados por

⁸ Kartikeya Date, Yael Allweil, “Towards a New Image Archive for the Built Environment”, *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science* 49, n.º 2 (febrero de 2022): 519-534, <https://doi.org/10.1177/23998083211011474>.

⁹ Yuji Yoshimura et al., “Deep Learning Architect: Classification for Architectural Design Through the Eye of Artificial Intelligence”, en *Computational Urban Planning and Management for Smart Cities*, ed. por Stan Geertman et al. (Cham: Springer Nature Switzerland, 2019), 249-265.

¹⁰ F. Ji et al., “Discerning the Painter’s Hand: Machine Learning on Surface Topography”, *Heritage Science* 9, n.º 1 (diciembre de 2021): 152, <https://doi.org/10.1186/s40494-021-00618-w>.

¹¹ John Asmus, Vadim Parfenov, “Characterization of Rembrandt Self-Portraits through Digital-Chiaroscuro Statistics”, *Journal of Cultural Heritage* 38 (1 de julio de 2019): 167-173, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.12.005>; James M. Hughes, Daniel J. Graham, Daniel N. Rockmore, “Quantification of artistic style through sparse coding analysis in the drawings of Pieter Bruegel the Elder”, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107, n.º 4 (26 de enero de 2010): 1279-1283, <https://doi.org/10.1073/pnas.0910530107>.

países, y la traducción de contenidos a cuatro idiomas (inglés, portugués, español y chino) garantizan una cobertura global que se refleja en una mayor heterogeneidad de proyectos publicados. Por lo tanto, dada la amplitud y diversidad de casos que ofrece respecto al objeto de estudio, este dominio resulta ser el más indicado para el trabajo planteado.

Los cuatro arquitectos seleccionados para el presente proyecto han sido elegidos entre los cuarenta y seis galardonados desde la constitución del premio Pritzker en 1979. El premio de arquitectura más importante del mundo reconoce anualmente el talento arquitectónico en proyectos y obras construidas que contribuyen al enriquecimiento cultural de la humanidad a través de su originalidad, innovación y calidad. La obtención de este galardón ofrece un gran impacto mediático, que se refleja en el importante impacto mediático que difunde el trabajo que estos equipos desarrollan a lo largo del mundo, consolidando su influencia para arquitectos y estudiantes.

La selección se ha realizado analizando el número de proyectos publicados para cada uno de los estudios galardonados en *ArchDaily*, para tener un amplio número de imágenes necesarias para el aprendizaje del modelo. Los arquitectos elegidos son Álvaro Siza (premio Pritzker en 1992, 24 proyectos publicados), Rem Koolhaas y su estudio Office for Metropolitan Architecture (2000, 82), Zaha Hadid (2004, 50), Kazuyo Sejima (2010, 10) que desarrolla su práctica en colaboración con Ryue Nishizawa en Sejima and Nishizawa and Associates (SANAA). La variedad de lenguaje utilizado por estos arquitectos ha sido también un criterio de selección. Álvaro Siza y Kazuyo Sejima se caracterizan por la elegancia y simplicidad de los volúmenes, líneas depuradas, atención a las proporciones, que en su conjunto ofrecen un sentimiento de tranquilidad a sus visitantes. Los proyectos dialogan a menudo con el entorno, fusionándose con el paisaje, que en el caso de Sejima se refleja en una atención hacia la transparencia de las pieles, generando así una relación fluida con el entorno. Rem Koolhaas y Zaha Hadid comparten una visión más innovadora y provocadora de la arquitectura, que reta las convenciones más tradicionales, a través de la complejidad y el desafío de las reglas preestablecidas. Mientras Koolhaas utiliza volúmenes atrevidos y formas poco convencionales asociados a nuevos materiales, Hadid y desde su muerte en 2016 su estudio liderado por Patrik Schumacher, destacan por un diseño futurístico y fluido que caracteriza todos sus trabajos. La metodología empleada en la primera fase del proyecto se basa en el entrenamiento de un modelo de inteligencia artificial supervisado de clasificación de imágenes. Se reconoce como sistema supervisado aquel que necesita que los datos de entrenamiento estén correctamente etiquetados para hacer posible el entrenamiento del modelo. En este caso se han utilizado un total de 1496 imágenes en el set de datos inicial, repartidas entre entrenamiento (1197; 80%), validación (150; 10%) y testeo (149; 10%). Este conjunto de imágenes consta de 6 etiquetas divididas entre 1165 fotografías y 331 gráficos digitales (planos, esquemas y análisis gráficos), provenientes de 12 proyectos de Rem Koolhaas/OMA (304), 8 proyectos de SANAA (215), 11 de Alvaro Siza (407), y 22 de ZHA-Zaha Hadid Architects (570).

Debido a las características intrínsecas del proyecto se utiliza un sistema no-binario frente a uno binario. Los modelos binarios son aquellos que intentan etiquetar los resultados entre 2 grupos mutuamente excluyentes. Por el contrario, los modelos no binarios se caracterizan

por tener la capacidad de tener en consideración múltiples categorías de clasificación. En este caso, se ha optado por un modelo *multi-label*. Frente a los modelos *multi-class*, cuyo objetivo es asignar una etiqueta en exclusiva a cada input de las múltiples disponibles, los modelos *multi-label* son capaces de identificar y etiquetar con varias categorías al mismo tiempo. La elección del sistema *multi-label* en esta primera fase responde a la consideración por parte de los autores de la presente investigación de que un proyecto arquitectónico puede y suele ser influenciado desde múltiples fuentes, y en diferentes capas y cualidades de este. Esta elección también está basada en el objetivo de escalar e incrementar el set de datos y refinamiento del entrenamiento del modelo en futuras iteraciones.

Tras el entrenamiento del modelo, las métricas de evaluación arrojan una precisión media, o área contenida bajo la curva precisión-*recall*, de 0.992 en el conjunto de todas las etiquetas. Este valor varía de 0.0 a 1.0, siendo los valores próximos a 1.0 indicadores de un modelo mejor entrenado. Si analizamos los datos para cada etiqueta observamos que el modelo tiene una precisión de 1.0 a la hora de diferenciar fotografías (pic) y gráficos digitales (cad). A la hora de diferenciar entre arquitectos/as se producen ligeras variaciones, aunque siempre muy próximas a 1.0. En concreto, 0.962 para OMA/Rem Koolhaas, 0.97 para Siza, 0.992 para ZHA y 1.0 para SANAA.

Discusión y Conclusiones

En primer lugar, y tras compararlo con otras investigaciones existentes, se puede decir que este proyecto de investigación plantea un avance único en la historiografía de la arquitectura introduciendo nuevas metodologías basadas en la posibilidad de reconocer los patrones que asimilan las obras de un arquitecto previamente seleccionado en todos los proyectos publicados en la red. Tras analizar los resultados obtenidos, y aunque estos no resultan definitivos, se puede adelantar que la aplicación de la IA para la identificación y clasificación de obras de arquitectura en base a su autoría permite obtener reconocimientos acertados, considerando el limitado número de imágenes utilizadas, lo que nos lleva a concluir que el modelo necesita crecer para incrementar los porcentajes de aciertos y en consecuencia seguir depurando el proceso.

El set de imágenes seleccionado para comprobar la eficacia del modelo (fig. 1) se ha realizado en base a diferentes consideraciones. El objetivo de comprobar la capacidad de relacionar e identificar la autoría de algunos proyectos con los cuatro arquitectos que han alimentado el aprendizaje del modelo lleva a incluir dos proyectos de Rem Koolhaas presentes en el proceso de aprendizaje, a través de un set de imágenes inéditas realizadas por los autores de la investigación. El resto de las imágenes se refieren a proyectos de 10 arquitectos no incluidos en el proceso de aprendizaje. Destaca entre todos Frank Gehry, con cuatro proyectos que abarcan su dilatada carrera, desde la Loyola School of Law de 1978 que utiliza un lenguaje postmoderno hasta los más conocidos proyectos basados en el cómputo paramétrico o el recientemente inaugurado rascacielos The Grand, en Los Ángeles. También se han incluido dos proyectos de Tom Mayne, cuya permanente investigación produce edificios radicales, basados en formas dinámicas a menudo basadas en las teorías del deconstructivismo. Con un único proyecto documentado a través de cinco fotografías se incluye el museo The Grand

de Diller y Scofidio + RENFRO, y la capilla de San Ignacio de Steven Holl. Completan el set algunas imágenes individuales de proyectos que a priori podrían asociarse a alguno de los cuatro arquitectos, con el objetivo de verificar la predicción de diferentes proyectos recuperados directamente en la red con el menor error posible. En definitiva, si los dos proyectos de Koolhaas pretenden una rápida verificación de la capacidad de reconocer el mismo proyecto a través de imágenes originales, y por ende a su autor, el resto del set de imágenes utilizado nos lleva a experimentar con autores diferentes, para contrastar la lectura formal y compositiva realizada por el modelo con aquella basada en la experiencia de los críticos, y en el conocimiento de la historia de la arquitectura y las relaciones entre maestros y discípulos.

Image	Label_1	Label_2	Label_3	Conf_1	Conf_2	Conf_3
2016_Koolhaas_Casa da musica_60D_GC_1001.jpg	siza	zaha	koolhaas	0.53560686	0.29313174	0.15442364
2016_Koolhaas_Casa da musica_60D_GC_2002.jpg	koolhaas	siza	sanaa	0.9067256	0.14857018	0.03668589
2016_Koolhaas_Casa da musica_60D_GC_3003.jpg	koolhaas	zaha	siza	0.7845748	0.31770733	0.043535754
2016_Koolhaas_Casa da musica_60D_GC_4004.jpg	siza	zaha	koolhaas	0.84078074	0.16943201	0.054930653
2022_mayne_eugene court_60D_GC_1001.jpg	zaha	siza	koolhaas	0.68593043	0.26159087	0.08810821
2022_mayne_eugene court_60D_GC_2002.jpg	koolhaas	zaha	siza	0.6820685	0.36350363	0.06799612
2022_mayne_eugene court_60D_GC_3003.jpg	zaha	koolhaas	siza	0.86223954	0.12227406	0.05993872
2022_mayne_eugene court_60D_GC_4004.jpg	koolhaas	zaha	siza	0.61148578	0.18105376	0.15739328
2022_mayne_eugene court_60D_GC_5005.jpg	koolhaas	sanaa	zaha	0.42605114	0.3358179	0.13513085
2023_diller-scofidio_grand_60D_GC_1001.jpg	koolhaas	zaha	siza	0.9004004	0.097206265	0.053694233
2023_diller-scofidio_grand_60D_GC_2002.jpg	zaha	siza	koolhaas	0.90940607	0.06810135	0.0675221
2023_diller-scofidio_grand_60D_GC_3003.jpg	zaha	koolhaas	siza	0.82742447	0.17975116	0.05521534
2023_diller-scofidio_grand_60D_GC_4004.jpg	zaha	koolhaas	siza	0.8592723	0.18367927	0.045679983
2023_Gehry_EPS_60D_GC_1001.jpg	koolhaas	zaha	siza	0.7124056	0.42063645	0.042205412
2023_Gehry_EPS_60D_GC_2002.jpg	zaha	sanaa	koolhaas	0.95445645	0.050702635	0.047012992
2023_Gehry_EPS_60D_GC_3003.jpg	zaha	koolhaas	sanaa	0.9527233	0.05468369	0.049892448
2023_Gehry_EPS_60D_GC_4004.jpg	zaha	koolhaas	siza	0.85451794	0.18173617	0.049472395
2023_Gehry_grand_60D_GC_1001.jpg	koolhaas	siza	zaha	0.86090225	0.11349515	0.110120215
2023_Gehry_grand_60D_GC_2002.jpg	koolhaas	zaha	siza	0.57945395	0.3057831	0.18886267
2023_Gehry_grand_60D_GC_3003.jpg	zaha	koolhaas	siza	0.4169934	0.20204255	0.17544833
2023_Gehry_grand_60D_GC_4004.jpg	koolhaas	zaha	siza	0.9401983	0.06665417	0.043768816
2023_Gehry_grand_60D_GC_5005.jpg	koolhaas	siza	zaha	0.9227139	0.0506727	0.05170568
2023_Gehry_loyola_60D_GC_1001.jpg	siza	koolhaas	sanaa	0.7786072	0.282954	0.06523421
2023_Gehry_loyola_60D_GC_2002.jpg	koolhaas	zaha	siza	0.81905544	0.11454429	0.097571015
2023_Gehry_loyola_60D_GC_3003.jpg	zaha	koolhaas	sanaa	0.74603623	0.31767014	0.04405931
2023_Gehry_loyola_60D_GC_4004.jpg	siza	koolhaas	sanaa	0.8215301	0.3435463	0.040191803
2023_Gehry_loyola_60D_GC_5005.jpg	koolhaas	siza	sanaa	0.6648921	0.5497633	0.037105184
2023_Gehry_loyola_60D_GC_6006.jpg	koolhaas	siza	sanaa	0.9143187	0.11359826	0.05134597
2023_Gehry_walt disney concert hall_60D_GC_1001.jpg	koolhaas	zaha	siza	0.9166347	0.08777954	0.08102695
2023_Gehry_walt disney concert hall_60D_GC_2002.jpg	koolhaas	zaha	siza	0.69110924	0.23481566	0.13791056
2023_Gehry_walt disney concert hall_60D_GC_3003.jpg	koolhaas	siza	zaha	0.50694686	0.35988244	0.17979847
2023_Gehry_walt disney concert hall_60D_GC_4004.jpg	zaha	koolhaas	sanaa	0.8498772	0.06837965	0.05182673
2023_Gehry_walt disney concert hall_60D_GC_5005.jpg	zaha	siza	koolhaas	0.93678373	0.058810465	0.058030438
2023_holl_san ignacio_60D_GC_1001.jpg	koolhaas	siza	zaha	0.8258564	0.18724065	0.057927314
2023_holl_san ignacio_60D_GC_2002.jpg	siza	koolhaas	zaha	0.5781077	0.20745489	0.10063873
2023_holl_san ignacio_60D_GC_3003.jpg	siza	koolhaas	zaha	0.51926297	0.4043253	0.057755116
2023_holl_san ignacio_60D_GC_4004.jpg	koolhaas	siza	zaha	0.42328402	0.22336565	0.2013244
2023_holl_san ignacio_60D_GC_5005.jpg	koolhaas	siza	sanaa	0.5529547	0.3840781	0.1388348
2023_Koolhaas_seattle_60D_GC_1001.jpg	zaha	koolhaas	siza	0.8787481	0.10544091	0.08073311
2023_Koolhaas_seattle_60D_GC_2002.jpg	koolhaas	zaha	siza	0.8094481	0.2584698	0.04283378
2023_Koolhaas_seattle_60D_GC_3003.jpg	zaha	koolhaas	sanaa	0.81128037	0.19217457	0.062483076
2023_Koolhaas_seattle_60D_GC_4004.jpg	koolhaas	zaha	siza	0.9293108	0.07684549	0.06055246
2023_Koolhaas_seattle_60D_GC_5005.jpg	koolhaas	zaha	siza	0.8795383	0.22080961	0.041982483
2023_mayne_emerson college_60D_GC_1001.jpg	zaha	koolhaas	siza	0.9055245	0.095916435	0.059014194
2023_mayne_emerson college_60D_GC_2002.jpg	zaha	siza	sanaa	0.8848666	0.07178663	0.071342565
2023_mayne_emerson college_60D_GC_3003.jpg	zaha	koolhaas	siza	0.92623156	0.064037785	0.048928417
2023_mayne_emerson college_60D_GC_4004.jpg	zaha	sanaa	koolhaas	0.6046476	0.25192738	0.06681268
2023_moneo_catedral_60D_GC_1001.jpg	siza	koolhaas	sanaa	0.65174437	0.61799324	0.04082027
GilBartolome_casa acantilado_1001.jpg	zaha	sanaa	siza	0.6358533	0.34145096	0.15226646
Aires_Mateus_Alcaicer do Sal Residences.jpg	siza	koolhaas	sanaa	0.9151933	0.08222221	0.059324957
Aires_Mateus_Casa-em-Leira.jpg	siza	koolhaas	sanaa	0.96223637	0.050295386	0.047110263
Asenjo_fycma_1001.jpg	zaha	siza	sanaa	0.9321106	0.07314673	0.057614554
Asenjo_fycma_1002.jpg	sanaa	zaha	siza	0.4726046	0.4278651	0.09289788
FdezAlonso_escuela universitaria de magisterio.jpg	siza	zaha	koolhaas	0.82852983	0.20943771	0.053714287

Figura 1. Set de imágenes utilizadas para el testeo del modelo, V. Shahdarpuri Aswani. Fuente: elaboración propia.

El análisis de los resultados (fig. 2), muestra las probabilidades que el modelo otorga para cada una de las imágenes anteriormente comentadas, asignando su autoría a uno de los cuatro arquitectos incluidos en el proceso de aprendizaje. El modelo *multi-label* ofrece los porcentajes de probabilidad para cada uno de ellos, aunque en la imagen se incluyen sólo los primeros tres resultados. En el caso de Rem Koolhaas, el algoritmo ha acertado en reconocer al autor de la Casa da Música y de la biblioteca de Seattle en un 55,5% de las imágenes suministradas. El resto de las predicciones se distribuyen entre Álvaro Siza y Zaha Hadid, respuestas lógicas considerando las características de estos dos proyectos. Este porcentaje debería poder incrementarse aumentando el set de imágenes que alimenta al modelo, aspecto sobre el cual será sin duda necesario trabajar en el futuro.

Los proyectos de Frank Gehry presentan resultados muy heterogéneos, en parte debido a los diferentes periodos en los cuales se han realizado y a la evolución de su propio “estilo”. Tanto la Facultad de Derecho Loyola como el rascacielos The Grand vienen atribuidos en el 73,6% de las imágenes suministradas, a Rem Koolhaas. La similitud de The Grand con el edificio Eagle West de Koolhaas, o el frecuente uso de columnas en los proyectos de este último, utilizadas también en la Loyola, parecen justificar esta decisión. En el caso del EPS de Seattle la asignación de autoría a Zaha Hadid parece correcta, por la fluidez de formas que utilizan ambos arquitectos, aunque la Walt Disney Concert Hall, que sigue las mismas ideas proyectuales, viene atribuida indistintamente a Koolhaas y Hadid (60%-40%), dependiendo de la imagen analizada. Mientras el Emerson College de Tom Mayne viene atribuido indiscutiblemente a Zaha Hadid, con la Corte Penal de Eugene sucede algo parecido al Walt Disney Concert Hall, cuya autoría se identifica tanto con Koolhaas como con Hadid (60%-40%).

En base a estos resultados, una primera revisión debería estar centrada en la información facilitada en el proceso de aprendizaje en dos sentidos, por una parte incrementando la muestra y, por otra, teniendo en consideración nuevas cuestiones respecto al tipo y al contenido de las imágenes introducidas. El incremento del número de proyectos se realizará a través de un *scraping* de todas las imágenes presentes en el portal *ArchDaily*, estimadas en unas 140.000 unidades, que incrementa la actual librería con un factor de escala de 466,6. Con respecto al tipo de contenido de las imágenes, será necesario considerar y diferenciar entre fotografías y planimetría, interiores y exteriores, y también en función del autor de las imágenes.

El hecho que un mismo proyecto sea atribuido a diferentes autores en función de la imagen valorada, lleva a algunas consideraciones. Uno de los motivos por los que el modelo está ofreciendo este tipo de resultados podría estar en la influencia que la autoría de las imágenes tiene en su interpretación. Por ejemplo, entre los grupos de fotografías aportados durante el proceso de aprendizaje, aunque todas las imágenes se han obtenido en *ArchDaily*, algunas son de fotógrafos profesionales y otras de carácter amateur que el portal ha obtenido en *Flickr*. De igual forma, en ocasiones todas las fotografías de un edificio eran del mismo autor, mientras que otras veces aparecían mezcladas diferentes miradas sobre una misma construcción. Por ejemplo, en la obra Fez House de Álvaro Siza las 39 imágenes publicadas por *ArchDaily* pertenecen al estudio de fotógrafos formado por Fernando Guerra

y SG. En cambio, en la capilla en Siljana, del mismo autor, de las 24 imágenes publicadas, 7 pertenecen a Milijenkop Bernfest y el resto a Damir Fabijanic. Por último, en la Casa de Té de Boa Nova las 14 fotografías son amateur, 10 las firma Samuel Ludwig y 4 las firma Flickr (Maurizio).

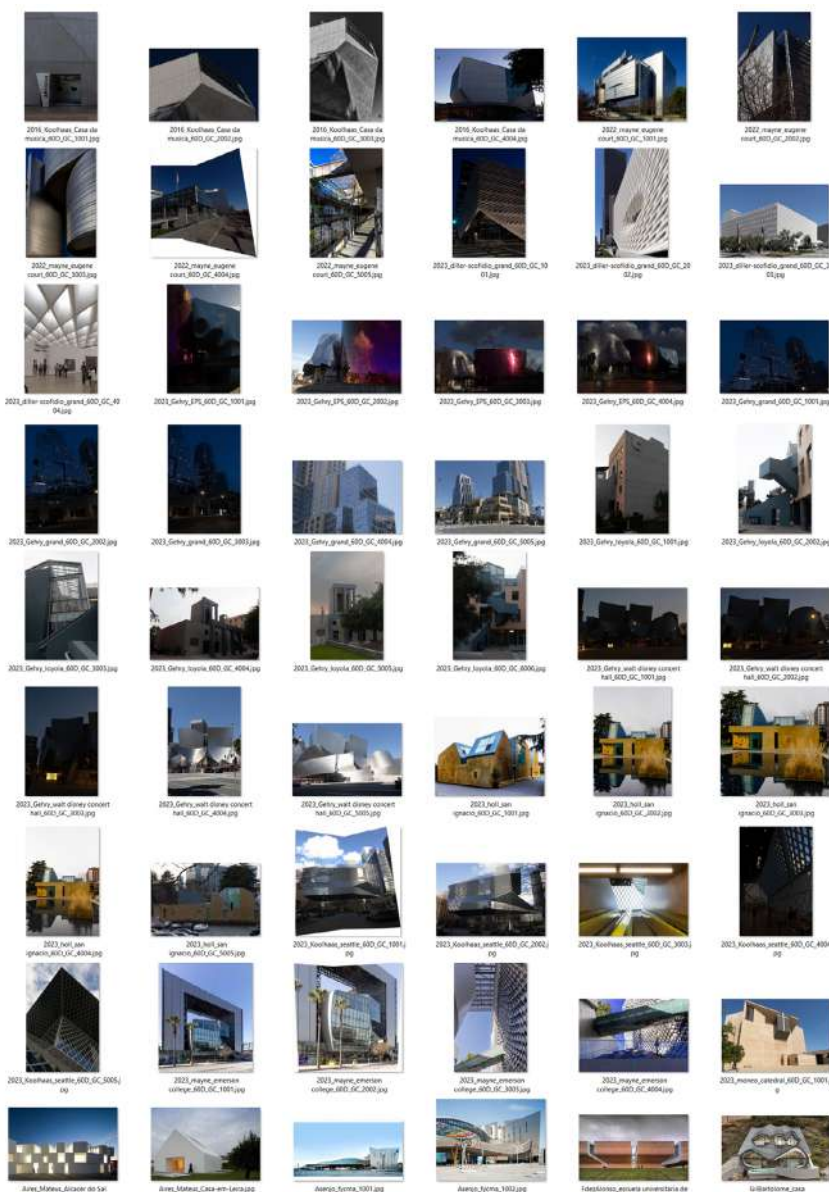


Figura 2. Resultados de la fase de testeo del modelo, con probabilidades de autoría hasta el tercer nivel, V. Shahdadpuri Aswani. Fuente: elaboración propia.

Como la investigación se sustenta principalmente en fotografías (aunque en el modelo se han introducido también planos y secciones de los proyectos para una primera evaluación de la capacidad de reconocimiento de este material), esta consideración nos permite plantear una nueva línea de trabajo en la que utilizar la IA en la identificación de los autores de las imágenes, especialmente en aquellas situaciones en las que los reportajes pertenecen a fotógrafos y fotógrafas profesionales de reconocida trayectoria.

Si finalmente será posible entrenar un modelo que sea capaz de reconocer si una imagen pertenece a un determinado arquitecto y, por otra parte, es capaz de identificar el estilo autoral con el que se ha producido esa fotografía, se podrían cruzar ambas líneas de investigación de forma que el modelo finalmente sea capaz de identificar todas estas cuestiones primero en el repositorio fotográfico de *ArchDaily*, y posteriormente extender este análisis más allá de los portales dedicados a la arquitectura.

Con este análisis de la producción arquitectónica a escala global se espera profundizar en patrones poco visibles que permitan superar la idea de influencias directas desde un proyecto a otro o en estrategias proyectuales comunes entre obras, para entrar en aspectos más estructurales y significativos de la influencia de algunos arquitectos sobre generaciones posteriores. Por otro lado, permitiría cuestionar la tradicional lectura única de la historia de la arquitectura, que ha ignorado sistemáticamente determinadas realidades (feminismo, sur global) que se verían reforzadas con este proyecto.

Cabe destacar, sin embargo, que estas siguen siendo herramientas, en definitiva, un soporte y ayuda para el trabajo que algunas personas seguirán haciendo. Se trata de que cada uno haga el trabajo que mejor sabe hacer: las máquinas elaborar y recopilar un número inmenso de datos, y clasificarlos. Entender el contexto que genera determinados proyectos, interpretar y poner en valor sus excepcionales, delinear una genealogía de las intervenciones y de los logros que la arquitectura está alcanzando, son sin embargo tareas que ya no son posibles sin la ayuda de las máquinas.