

Poscatálogo, o de cómo y por qué experimentar físicamente un espacio vectorial de alta dimensión

PREMIO CIMED

Postcatalog, or how and why to physically experience a high-dimensional vector space

Versión en Español, *Full English Version at Anexo I

Nuria Rodríguez-Ortega^a, Gabriel Ruiz González^b, Javier de la Rosa^c, María Ortiz Tello^d y Leticia Crespillo Mari^e

^aUniversidad de Málaga (nro@uma.es), ^bOpossum Studios (Gabriel@opossum.es), ^cUNED (versae@gmail.com), ^dUniversidad de Málaga (mortiztello@uma.es) y ^eUniversidad de Málaga (lcrespillom@uma.es)

Resumen

La instalación inmersiva Postcatálogo (<https://youtu.be/nuc-LUW2W3s>), realizada ad hoc para la exposición Catálogos desencadenados organizada por el Vicerrectorado de Cultura de la Universidad de Málaga (17-12-2020, 29-01-2021), aborda dos líneas de indagación. En primer lugar, trata de responder a la pregunta: ¿cómo hacer físicamente experimentables los espacios de alta dimensión, ininteligibles para la cognición humana, asociados (entre otras cosas) al procesamiento computacional de imágenes? En segundo lugar, se plantea: ¿de qué modo la función ordenadora constitutiva de los catálogos tomará forma en una ecología medial donde la centralidad que hasta hace poco ocupaba el artefacto libro se está desplazando hacia nuevos contextos configurados por realidades mixtas que incluyen al sujeto como entidad activa en su polívoca dimensión cognitivo-emocional?

Para materializar de una manera concreta esta indagación, tomamos como base el conocido diagrama que Alfred J. Barr publicó en la cubierta del catálogo de la exposición Cubism and Abstract Art organizada por el MOMA en 1936. Como es bien sabido, en este diagrama Alfred J. Barr representó el devenir de las poéticas artísticas que habían ido surgiendo durante las primeras décadas del siglo XX, estableciendo relaciones genealógicas entre ellas de acuerdo con su concepción teleológica del arte. En una primera fase, transformamos este diagrama en un espacio de alta dimensión en el que las obras correspondientes a los ismos y poéticas presentes en el diagrama se distribuyen en clústeres según las similitudes visuales detectadas por una red

neuronal convolucional Inception. De este modo, la distancia entre las imágenes, transformadas en vectores numéricos, es significativa de su mayor o menor grado de similitud visual, matemáticamente computada. El resultado de este primer experimento fue el proyecto Barr X Inception CNN (<http://barrxcnn.hdplus.es/>), el cual nos permitió reflexionar sobre las similitudes y diferencias existentes entre la visión humana –con sus capas de modelación cultural, disciplinar, epistemológica y subjetiva– y la visión artificial, que opera mediante modelos matemáticos y cálculo probabilístico.

En una segunda fase, nos propusimos reformular el espacio bidimensional que genera el algoritmo de distribución UMAP en una instalación inmersiva donde es posible deambular por el campo visual generado por la Inception CNN y experimentar físicamente la distancia entre las imágenes. La instalación permite pasear de manera aleatoria por el campo visual, seleccionar visitar un clúster determinado o comprobar cómo se distribuyen en este espacio computacional los ismos y poéticas representados en el diagrama de Barr, lo cual hace visible y físicamente experimentable las diferencias que existen entre los agrupamientos estilísticos propios de la epistemología histórico-artística y los agrupamientos computacionales de la cognición maquinica.

Consideramos que Poscatálogo es un ejemplo de cómo se pueden emplear las tecnologías de desarrollo virtual e inmersivo para plantear argumentos complejos más allá de su uso como reproducción-recreación-simulación de realidad.

Poscatálogo es una producción de Opossum Studios y del grupo de investigación iArtHis_Lab para el Vicerrectorado de Cultura de la Universidad de Málaga.

Palabras clave: *Realidad Virtual, Realidad Inmersiva, Realidad Mixta, Espacios de alta dimensión, Inteligencia Artificial.*

Abstract

The immersive installation Postcatalog, developed ad hoc for the exhibition Unchained Catalogs organized by the Vice-Rectorate of Culture of the University of Malaga (12-17-2020, 01-29-2021), addresses two lines of inquiry. Firstly, the project delves into the question of how to make high-dimensional spaces resulting from computational image processing physically experiential. Secondly, the project raises the question of how the ordering function performed traditionally by catalogs will take shape in a medial ecology where the centrality occupied until recently by the book artifact is shifting towards new scenarios configured by mixed realities that include the

subject as an active entity in his/her ambivalent cognitive-emotional dimension.

To materialize this inquiry in a particular study case, the well-known diagram conceived by Alfred H. Barr for the cover of the Cubism and Abstract Art exhibition catalog (MOMA, 1936) was taken as base. In this diagram, Alfred H Barr represented the evolution of the artistic movements that had emerged during the first decades of the 20th century in the form of genealogical relationships according to a teleological conception. In a first phase of the project, the diagram was transformed into a high-dimensional space where the artworks corresponding to the isms and poetics represented in the diagram were distributed in clusters according to visual similarities detected by an Inception convolutional neural network (CNN) and represented in a two-dimensional space generated by the UMAP distribution algorithm. In this way, the distance between images -transformed into numerical vectors- means degrees of visual similarity mathematically computed. The result of this first experiment was the Barr X Inception CNN project.

In a second phase, the two-dimensional space generated by the UMAP distribution algorithm was transformed into an immersive 3D installation that allows walking through the visual field generated by the Inception CNN and physically experiencing the mathematical distance between the images. The installation enables participants to walk randomly through the visual field, choose to visit a specific cluster or explore how the isms and poetics represented in the Barr's diagram are distributed in the new computational space. Participants, hence, are allowed to physically experience the differences between the stylistic categorization associated to traditional art-historical epistemology and the computational clustering performed by machinic cognitions.

We consider that Postcatalog is an example of how virtual and immersive technologies can be applied to raise complex arguments beyond its use as tools for reproduction-recreation-simulation of reality.

Keywords: *immersive environments, vectorial spaces, CNN Inception, computer vision, image analysis*

1. Introducción

Poscatálogo es una evolución del proyecto *Barr X Inception CNN* (TransUMA-iArtHis-Lab, 2020), un proyecto experimental desarrollado con los estudiantes del máster en Desarrollos Sociales de la Cultura Artística de la Universidad de Málaga durante la primavera del año 2020, en pleno confinamiento pandémico. *Barr X Inception CNN* se inscribe en un contexto de exploración amplio que centra su atención en las condiciones de nuestro presente y futuro hipertecnológico para plantear espacios de actuaciones propositivas que nos ayuden a evitar el colapso del ser humano en un mundo altamente tecnodependiente. Particularmente, *Barr X Inception CNN* indaga en la nueva alteridad que confronta al ser humano del siglo XXI con un «otro» no humano –el otro maquínico–, tratando de establecer posibles espacios de negociación entre la cognición humana y la cognición artificial en el marco de lo que Katherine Hayles (2017) ha denominado «ensamblajes cognitivos».

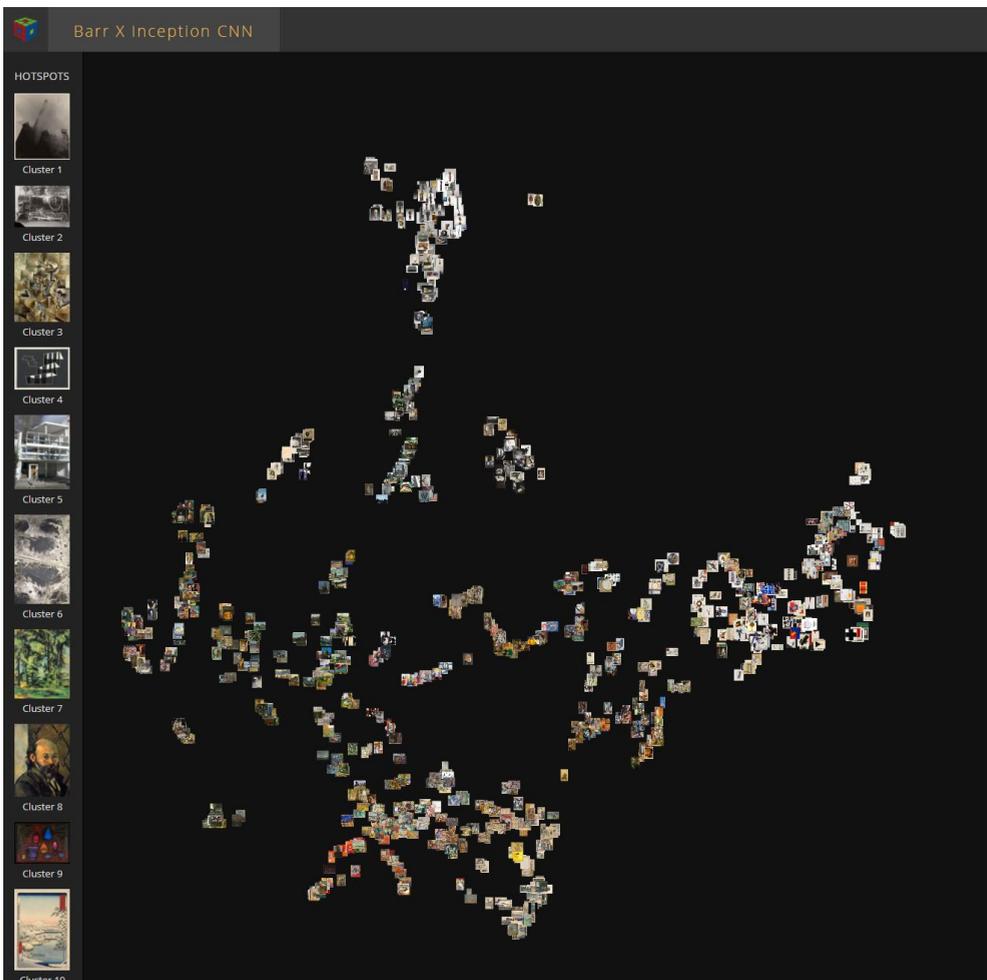
A fin de materializar esta indagación, tomamos como punto de partida el conocido diagrama que Alfred H. Barr (primer director del MOMA de Nueva York) realizase en 1936 con motivo de la exposición *Cubism and Abstract Art* para ilustrar la sobrecubierta de la primera edición del catálogo. En este diagrama, ampliamente interpretado y reinterpretado por la historiografía artística, Alfred H. Barr instituyó uno de los paradigmas teóricos más influyentes de los discursos de la modernidad al establecer una narrativa genealógica basada en influencias formales para explicar el desenvolvimiento del campo del arte durante las primeras décadas del siglo XX. El diagrama, con sus flechas indexicales apuntando en una dirección determinada, constituye la mejor representación de la concepción teleológica sobre el devenir de las formas artísticas que presidió el pensamiento de Alfred H. Barr.

A partir de este diagrama, en el que se sustancia una visión subjetivada del devenir artístico y que ha producido un determinado cuerpo epistemológico, la pregunta que nos planteamos fue la siguiente: qué diferencias podrían existir entre las relaciones establecidas por Alfred H. Barr en el diagrama, donde se incluyen diversos ismos, poéticas y autores, y aquellas relaciones establecidas por un dispositivo de inteligencia artificial que opera estrictamente a través de la computación matemática de datos visuales traducidos a números. En resumen: qué otra narrativa podría generarse al quedar desactivadas las capas de modelación cultural, subjetiva, epistemológica o disciplinar que intervienen cuando «miramos» las producciones artísticas.

Para responder a esta pregunta, se construyó un *dataset* de más de 2.000 imágenes de obras representativas de las poéticas, movimientos y autores incluidos en el diagrama de Barr. Las imágenes, transformadas todas ellas en vectores numéricos y anotadas con un conjunto de metadatos concreto, fueron procesadas con una red neuronal convolucional (CNN) de tipo Inception (Szegedy, 2014) entrenada con el *dataset* ImageNet 2012. Posteriormente, para poder representar el análisis del espacio vectorial de alta dimensión en el que se había transformado el conjunto de imágenes, se aplicó un algoritmo de reducción de dimensionalidad, en concreto UMAP (McInnes, Healy, Melville, 2020). De este modo, el espacio vectorial quedaba proyectado en una imagen bidimensional inteligible para la

cognición humana. Finalmente, la detección de clústeres o agrupamientos de imágenes similares se realizó con HDBSCAN (Campello, Moulander and Sander, 2013), una versión refinada del algoritmo clásico DBSCAN para aprendizaje no supervisado usando medidas de densidad.

El resultado final del proceso de análisis es un espacio vectorial redimensionado a dos dimensiones donde las imágenes ocupan un punto en este espacio, agrupándose en clústeres según su mayor o menor grado de similitud matemáticamente computada. Se configura, así, una morfología que estructura y da forma al espacio, y que puede interpretarse en términos topológicos (fig. 1).



Fuente: <https://digital-narratives.versae.es/#> (captura de pantalla)

Fig. 1 Espacio vectorial CNN Inception-UMAP-HDBSCAN

Los resultados parciales de este primer proyecto experimental nos han permitido reflexionar sobre las similitudes y diferencias existentes entre la visión humana –con sus capas de modelación cultural, disciplinar, epistemológica y subjetiva– y la visión artificial, que opera mediante modelos matemáticos y cálculo probabilístico. También nos han permitido plantear hipótesis de trabajo sobre modelos de organización de la producción visual distintos de las clasificaciones tipológicas (que, acorde con una concepción sustancialista de los objetos culturales, siguen el modelo de rejilla cartesiana propio de las prácticas clásicas de archivo y catalogación) todavía prevalentes en los procesos de ordenación y registro de nuestros acervos (Rodríguez-Ortega, 2021).

La exposición *Catálogos desencadenados* (17-12-2020, 29-01-2021), organizada por el Vicerrectorado de Cultura de la Universidad de Málaga en el marco del proyecto *Catálogos artísticos: gnoseología, epistemologías y redes de conocimiento. Análisis crítico y computacional* (HAR2014-51915-P), nos brindó la oportunidad de seguir profundizando sobre esta problemática en un proyecto evolucionado que centra su atención en dos cuestiones: por una parte, en la transformación ontológica experimentada por los artefactos culturales devenidos ahora en conjuntos de información numérica procesables mediante agencias cognitivas distinta de la humana; por otra, en los nuevos regímenes ordenadores a los que esta transformación ontológica y agencial pueda dar lugar, en un contexto medial donde las diferencias netas entre lo digital y lo no digital, lo material y lo inmaterial han quedado disueltas bajo una continuidad de materialidades informacionales híbridadas.

2. Objetivos

A partir de esta marco de reflexión general, la instalación inmersiva *Postcatálogo* aborda tres líneas de indagación.

1. En primer lugar, trata de responder a la cuestión de cómo hacer inteligibles para la cognición humana los espacios de alta dimensión asociados al procesamiento computacional de imágenes más allá de la habitual aplicación de algoritmos de reducción de dimensionalidad.
2. En segundo lugar, se pregunta de qué modo la función ordenadora constitutiva de los catálogos tomará forma en una ecología medial donde la centralidad que hasta hace poco ocupaba el artefacto libro se está desplazando hacia nuevos contextos configurados por realidades mixtas que incluyen al sujeto como entidad activa en su ambivalente dimensión cognitivo-emocional.
3. En tercer lugar, y en la medida en que nos permite plantear problemáticas intelectuales complejas, este proyecto procura mostrar mediante un ejemplo concreto la potencial dimensión epistemológica y discursiva de la realidad virtual e inmersiva.

3. Desarrollo de la innovación

Una vez planteadas las líneas de indagación y los objetivos a alcanzar, la ejecución propiamente dicha del proyecto se desarrolló atendiendo a tres líneas de trabajo, cada una de las cuales ha conllevado su propia problemática.

3.1. Las representaciones digitales y sus limitaciones de uso

En sentido estricto, la instalación inmersiva *Poscatálogo* constituye un espacio modelado por agrupaciones de imágenes que adoptan la forma de representaciones digitales (*digital surrogate*). Por tanto, el concepto de representación digital y su uso deviene una cuestión central de este proyecto. También fue uno de los primeros problemas que debimos abordar.

El campo visual generado en el marco del proyecto *Barr X Inception CNN* está constituido por 1.272 imágenes digitales referidas a obras clave de la producción artística del siglo XX. Mostrarlas en un espacio tridimensional e inmersivo abierto al público conllevaba un primer problema cuya resolución resultaba crucial para la viabilidad del proyecto: ¿cómo superar las limitaciones impuestas por las licencias de uso y las políticas restrictivas de las instituciones culturales y de las agencias de gestión de derechos relativas al uso y reproducción de imágenes digitales de obras artísticas?

De la tarea ardua y laboriosa de revisar los derechos de uso y de reproducción que pesaban sobre cada una de estas imágenes, colegimos que solo 556 obras de las 1.272 incluidas en *Barr X Inception CNN* se encontraban en dominio público. Asimismo, de entre estas 556 obras en dominio público, tuvimos que determinar qué reproducciones digitales no estaban sujetas a derechos reservados por parte de la entidad correspondiente. El conjunto final se redujo, pues, a 166 imágenes totalmente libres de derechos. A fin de mantener la morfología del campo visual, decidimos incorporar imágenes vacías con el símbolo de *copyright* en aquellos lugares que debían ocupar las imágenes digitales de las que no teníamos los derechos de reproducción (fig 2).



Fig. 2 Instalación inmersiva *Poscatálogo* (captura de pantalla)

Con esta acción, además, hemos querido que *Poscatálogo* funcione como un espacio de discusión crítica sobre el problema de los agujeros negros que el proceso de hiperdigitalización de la cultura artística está provocando. Así, en una sociedad marcada por la hipervisibilidad, donde todo circula y puede ser visto, debemos ser conscientes de que existen imágenes que nos son negadas a la visión por instancias que deciden cuáles son las imágenes que circulan, cómo circulan y en qué contextos pueden circular. Si tenemos en cuenta que el derecho a ver determinadas imágenes depende de cuestiones jurídico-legales – diferentes en cada uno de los países– y de transacciones económicas (compra de derechos), la circulación de imágenes deviene también un problema de desequilibrios económicos y geopolíticos. Dado este escenario, *Poscatálogo* aspira a confrontar al sujeto participante con las nuevas estructuras de poder generadas por la hipertecnificación cultural, poniendo en práctica, al mismo tiempo, formas de tecnorroresistencias basadas en la visibilización de estas dinámicas del ejercicio del poder, que a veces se nos pasan desapercibidas como consecuencia de los procesos de naturalización tecnológica característicos de nuestra sociedad posdigital.

3.2. Transformación de un espacio vectorial n -dimensional en un entorno inmersivo

Como se ha indicado anteriormente, el resultado del proyecto *Barr X Inception CNN* es un espacio vectorial transformado, mediante el algoritmo UMAP, en un campo visual de dos dimensiones donde las imágenes se encuentran clusterizadas y ubicadas según su mayor o menor grado de similitud visivo-formal matemáticamente computada. Cómo transformar este espacio bidimensional en otro tridimensional fue la segunda cuestión que confrontamos en la ejecución del proyecto.

Ha de entenderse, no obstante, que nuestro problema fundamental en esta fase no residió en el proceso mismo de transformación de un espacio bidimensional en otro tridimensional, sino en pensar cómo materializar y hacer inteligible un espacio vectorial; esto es, un espacio donde las imágenes, transformadas en vectores, no son más que puntos que ocupan un lugar determinado en un espacio que se proyecta en múltiples dimensiones y donde la relación entre las imágenes, identificada con su mayor o menor grado de similitud visivo-formal, se establece en términos de distancia matemáticamente computada. Este espacio es, además, un espacio escalar, dado que las diferencias entre las imágenes se establece en función de su posición relativa en un vector (por tanto, a partir de diferencias de grado), no a partir de clasificaciones tipológicas basadas en las características de su naturaleza específica, como sucede en los sistemas clasificatorios de las prácticas catalogares tradicionales (Rodríguez-Ortega, 2021). En definitiva, cómo hacer inteligible al sujeto humano, acostumbrado a moverse y a pensar en tres dimensiones, un espacio complejo n-dimensional fue nuestra pregunta nuclear.

Durante este proceso de reflexión, empezamos a considerar que la intelección de este espacio complejo podría residir fundamentalmente en dos factores: a) la noción de distancia como configuradora del espacio; y b) la condición topológica de un espacio modelado a partir de una continuidad de información numérica. En consecuencia, el desarrollo del proyecto centró su atención en activar mediante la experimentación física del sujeto participante estos dos conceptos. De este modo, el entorno inmersivo en el que se adentra el sujeto está pensado para hacer visible, tangible y experimentable corporalmente su naturaleza de espacio informacional modelado a través de imágenes que, en cuanto entidades numéricas, se distribuyen según grados de similitud matemáticamente computada. Es el propio sujeto participante quien, en su caminar, recorriendo de manera física la distancia que existe entre las imágenes, actualiza y experimenta las relaciones gradativas entre ellas. En definitiva, y dado que el concepto de espacio de alta dimensión es por su propia naturaleza una noción contraintuitiva para el intelecto humano, es la experimentación física y corporal (no la explicación racional), la vía que en este proyecto hace posible su comprensión.

Desde el punto de vista propiamente técnico, la ejecución de esta fase del proyecto se inició con la adaptación de los datos de *Barr X Inception CNN* en formato CSV a un formato reconocible por el motor de videojuegos Unreal Engine. El contenido adicional relativo a los metadatos de las obras representadas (título, autor, fecha, tamaño, ID y clúster) tuvieron que ser generados de manera manual.

Debido a la gran cantidad de datos producidos en esta primera fase del proceso, se procedió al desarrollo de un lenguaje visual que fuese autónomo y que generase de manera automática el contenido en 3D en tiempo real, con atributos dados por el conjunto de metadatos. De este modo, no fue necesario la producción de las imágenes una a una, sino que el propio sistema se generó de manera automática, dando así una geometría a escala de las obras.

Una vez producido el contenido propiamente dicho, apreciamos que, debido a la generación automática de las imágenes, muchas de estas quedaban solapadas. Estas imágenes coinciden

con las que ocupan el mismo punto en el espacio vectorial. A fin de facilitar la experiencia visual e inmersiva, se desarrolló un algoritmo de separación de imágenes. De este modo, cuando el sujeto participante se acerca a uno de estos conjuntos solapados, las imágenes se despliegan de manera autónoma, facilitando su visualización e interacción. (fig. 3).



Fig. 3 Instalación inmersiva *Poscatálogo* (captura de pantalla)

Finalmente, decidimos desarrollar un sistema de información adicional basado en la propia interacción con las imágenes. Así, el sujeto participante, a medida que va caminando por el espacio vectorial, puede seleccionar e interactuar con la obra que le interese. Se despliega, entonces, un panel de información con sus correspondientes metadatos. El sujeto puede desplazarse con esta obra por el espacio vectorial, retornando la imagen a su clúster correspondiente una vez que finaliza la interacción.

La instalación se completa con una ambientación sonora. Esta ambientación sonora es en sí misma semántica. Cada uno de los clústeres está identificado con un sonido, que se activa cuando el sujeto participante se adentra en ellos. Asimismo, cada imagen tiene asociado un sonido único y distintivo que se activa con la interacción del participante. Estos sonidos, libres de derechos, proceden del *Banco de imágenes y sonidos* del Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF), disponible a través de la página web del Ministerio de Educación y Formación Profesional.

3.3. Narrativas

En relación con sus objetivos de partida, *Poscatálogo* plantea tres posibles narrativas (no lineales) que pueden activarse (o no) cuando el sujeto se adentra en la instalación, según cuáles sean sus intereses.

En primer lugar, *Poscatálogo* reformula en una instalación inmersiva la morfología de clústeres en los que se distribuyen las obras representativas de las poéticas, movimientos y artistas incluidos en el diagrama de Alfred H. Barr. En cuanto que reformulación y nueva interpretación de este diagrama, el sujeto participante puede seleccionar algunas de estas agrupaciones presentes en la representación diagramática y comprobar cómo quedan distribuidas sus obras en el espacio vectorial. De este modo, se hace patente las diferencias existentes entre la narrativa diagramática propuesta por Barr (genealógica y teleológica) y el funcionamiento de la red neuronal Inception, la cual, al poner el acento en los procesos de proximidad y contigüidad visual (más allá de esquemas clasificatorios), contribuye a complejizar la configuración de la iconosfera artística al inscribir las imágenes en un ecosistema de relaciones múltiples y multidireccionales. Además, hace visibles y posibles interconexiones entre obras que la Historia del Arte suele ubicar en lugares distintos de su sistema epistemológico, en una especie de actualización computacional de los *tafeln* de Aby Warburg (Rodríguez-Ortega, 2021).

En segundo lugar, dado que el espacio vectorial se ha transformado en un entorno habitable, transitable, experimentable corporal y físicamente (Hernández-García, 2002), donde las distancias matemáticas se traducen en distancias físicas, el sujeto participante puede tomar conciencia de la relación gradativo-visual entre las imágenes de la iconosfera artística a medida que recorre el espacio. De este modo, el propio caminar del sujeto se convierte en un ejercicio semántico que produce sentido en el proceso de llevarse a cabo; es decir, una semántica performática que se produce en tiempo real, dinámica y de manera subjetivada.

En tercer lugar, en una especie de suspensión de la lógica del pensamiento y actualización del libre juego de las facultades de Kant, el sujeto participante puede recrearse en la experiencia misma del habitar un campo de imágenes que se despliega en torno a él a medida que camina, sin ninguna otra preocupación intelectual más allá del disfrute de la experiencia.

4. Resultados y conclusiones

Poscatálogo se presentó al público por primera vez en diciembre de 2020, por lo que el análisis de las percepciones e interacciones de los sujetos participantes todavía se encuentra en un estadio inicial y aún será necesario un cierto tiempo para que podamos extraer conclusiones relevantes en este sentido. Los resultados de estos análisis serán objeto de publicaciones subsiguientes. Sin embargo, consideramos que algunas ideas clave pueden apuntarse.

La experiencia inmersiva activa cognitivamente al sujeto permitiéndole reflexionar, identificar y experimentar, tanto mental como corporalmente, un tipo de información dada. Representa, por tanto, una oportunidad para plantear argumentos complejos que suponen desafíos intelectivos a la cognición humana. Más allá de las fórmulas basadas en el entretenimiento didáctico (o no didáctico) de los públicos, las instalaciones inmersivas pueden ser tratadas por las instituciones museísticas como territorios discursivos y espacios para la discusión crítica en los que el sujeto participante detenta una posición central.

Pese a que construye una realidad otra, *Poscatálogo* no hace de la simulación-recreación-reconstrucción el centro de su indagación epistemológica (o al menos no en esta fase del proyecto). El problema de *Poscatálogo* es transformar un espacio inmersivo en una suerte de interfaz que actúe como provocación hermenéutica y active modelos probabilísticos (no deterministas) de interpretación (Drucker, 2020). De este modo, se amplifica el empleo que tradicionalmente se hace de estas tecnologías para la reproducción-recreación-reconstrucción-simulación de espacios y/o artefactos identificados con la realidad física o para provocar experiencias de naturaleza sensorial y emocional. Con todo, la multivalencia narrativa de la instalación hace posible la coexistencia de distintas experiencias, sin que ninguna de ellas quede limitada, circunscrita o dirigida a un grupo específico de participantes.

No puede obviarse que *Poscatálogo* es, en esencia también, un ejercicio curatorial de selección, disposición y exhibición de obras artísticas en forma de representaciones digitales realizado en co-creación con un dispositivo de inteligencia artificial. En consecuencia, *Poscatálogo* también plantea una reflexión sobre los procesos de co-creación y autoría distribuida propios de las prácticas creativas contemporáneas y de las nuevas curadurías generativas basadas en el uso de algoritmos y dispositivos de inteligencia artificial.

Este texto es resultado del proyecto de investigación *Catálogos artísticos: gnoseología, epistemologías y redes de conocimiento. Análisis crítico y computacional* (HAR2014-51915-P), del proyecto de innovación educativa *TransUMA (Laboratorio de competencias transdisciplinares): Imaginando futuros posibles* (PIE19-178) y de la Red Docente de Excelencia TransUMA-Tech.

Referencias

- CAMPELLO, R.J. G. B., MOULAVI, D. AND SANDER, J. (2013). “Density-Based Clustering on Hierarchical Density Estimates”, en Pei, J., Tseng, V. S., Cal, L. Motoda, H., Xu, G. (eds.). *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining. PAKDD 2013*. Berlin, Heidelberg: Springer, vol. 7819, pp. 160-172.
- DRUCKER, J. (2020). *Visualization and Interpretation. Humanistic Approaches to the Display*. Cambridge: MIT.
- HAYLES, K. (2017). *Unthought. The power of the Cognitive Nonconscious*. Chicago: The University of Chicago Press.
- HERNÁNDEZ GARCÍA, I. (2002). *Mundos virtuales habitados. Espacios electrónicos interactivos*. Colombia: Universidad Javeriana.
- IARTHIS_LAB / TRANSUMA. *Barr X Inception CNN*. <<http://barrxcnn.hdplus.es/>> [Consulta: 28 de febrero de 2021].
- MCINNES, L., HEALY, J. AND MELVILLE, J. (2020). “UMAP: Uniform Manifold Approximation and Projection for Dimension Reduction” en *arXiv:1802.03426v3*.
- “Poscatálogo. Vídeo promocional”. *Youtube* <<https://youtu.be/nuc-LUW2W3s>> [Consulta: 28 de febrero de 2021].
- RODRÍGUEZ-ORTEGA, N. (2021). “Maquinarias, tecnologías y artefactos de ordenación. A propósito del catálogo de arte”, en Rodríguez-Ortega, N. (ed.). *Catálogos desencadenados* [cat. Expo]. Málaga: Vicerrectorado de Cultura de la Universidad de Málaga (en prensa).
- SZEGEDY, CH. LIU, W., JIA, Y., PIERRE SERMANET, P., REED, S., ANGUELOV, D., ERHAN, D., VANHOUCKE, V. AND RABINOVICH, A. (2014). “Going Deeper with Convolutions”, en arXiv: 1409.4842.