

Artículo de Investigación

Un estudio sobre la percepción estético-formal en personas con discapacidad visual: museografía-tech para una inclusión artístico-cultural efectiva

A study on the aesthetic-formal perception in visually impaired people: tech-museography for effective artistic-cultural inclusion

Leticia Crespillo Marí: Universidad de Málaga, España.
lcrespillom@uma.es

Fecha de Recepción: 26/11/2024

Fecha de Aceptación: 27/12/2024

Fecha de Publicación: 01/01/2025

Cómo citar el artículo

Crespillo Marí, L. (2025). Un estudio sobre la percepción estético-formal en personas con discapacidad visual: museografía-tech para una inclusión artístico-cultural efectiva [A study on the aesthetic-formal perception in visually impaired people: tech-museography for effective artistic-cultural inclusion]. *European Public & Social Innovation Review*, 10, 01-21.
<https://doi.org/10.31637/epsir-2025-691>

Resumen

Introducción: En este texto se aborda la inclusión de personas con discapacidad visual en diversos grados en el ámbito del museo (físico y virtual), destacando la necesidad del diseño de espacios que permitan una mejor experiencia estética por parte de este colectivo haciendo uso de tecnologías hápticas, realidad virtual e integrando 3D/NFT's en la creación de experiencias inmersivas y táctiles. **Metodología:** Se propone el uso de fotogrametría digital para la generación de gemelos digitales, así como Unreal Engine para su programación con retroalimentación háptica, y su posterior conversión a NFT (Non Fungible Tokens) e inclusión en plataforma digital. **Resultados y discusión:** de manera prospectiva se plantea una mejora significativa en cuanto a accesibilidad y experiencia estético-formal por parte de personas con discapacidad visual, justificada en fuentes que muestran que esta integración tecnológica facilita una conexión emocional y cognitiva más profunda con la obra de arte. **Conclusiones:** se recalca la necesidad de abordar políticas culturales inclusivas desde el ámbito de la

museografía de contenidos, en colaboración con organizaciones especializadas para asegurar su implementación efectiva, impulsando la innovación tecnológica y fomentando una sociedad más equitativa.

Palabras clave: inclusión; discapacidad visual; museografía; realidad virtual; ideaestesia; tecnología háptica; 3D/NFT's; experiencia estético-formal.

Abstract

Introduction: This text addresses the inclusion of visually impaired people to varying degrees in the museum environment (physical and virtual), highlighting the need to design spaces that allow a better aesthetic experience for this group by making use of haptic technologies, virtual reality and integrating 3D/NFT's in the creation of immersive and tactile experiences.

Methodology: The use of digital photogrammetry is proposed for the generation of digital twins, as well as Unreal Engine for their programming with haptic feedback, and their subsequent conversion to NFT (Non Fungible Tokens) and inclusion in a digital platform.

Results and Discussions: prospectively, a significant improvement in terms of accessibility and aesthetic-formal experience for visually impaired people is proposed, justified by sources that show that this technological integration facilitates a deeper emotional and cognitive connection with the work of art. **Conclusions:** stresses the need to address inclusive cultural policies from the field of content museography, in collaboration with specialised organisations to ensure their effective implementation, fostering technological innovation and promoting a more equitable society.

Keywords: inclusion; visual impairment; museography; virtual reality; ideaesthesia; haptic technology; 3D/NFT's; aesthetic-formal experience.

1. Introducción

Santiago Sipán (2022, p.1) señala que el arte es un potente canalizador de emociones capaz de conectar tiempos y lugares, y que fomenta la apreciación crítica, tanto individual como colectiva de la ciudadanía. Utilizar lo plástico para incluir sensaciones alternativa sigue siendo una tarea pendiente, ya que los museos aún son espacios donde los visitantes establecen conexiones íntimas con las exposiciones desde una perspectiva ampliamente visual. La abstracción estética de cada sujeto indistinto, debe considerarse al diseñar espacios museográficos y esto incluye al colectivo de invidentes.

Las personas ciegas o con discapacidad visual anhelan disfrutar del arte, aunque a menudo pasan desapercibidas. Es crucial diseñar herramientas tecnológicas específicas que incluyan otro tipo de interacción. La falta de recursos hápticos, por ejemplo, dificultan la conexión entre visitante ciego o con baja visibilidad y la manifestación artística (Vom Lehn, 2010, pp. 249-351).

Durante las últimas tres décadas se ha debatido sobre cómo hacer los museos y el arte más accesibles a personas con discapacidad (Roselló, 2022, p. 138) valorando la interacción social y educativa durante las visitas, y cómo las necesidades individuales afectan a la percepción de las propias estrategias implementadas a nivel de accesibilidad.

A nivel mundial existe un considerable número de personas con diversos grados de discapacidad visual. En una sociedad que promueve la inclusión, no se puede aceptar la limitada accesibilidad a la cultura artística que existe (Cho, 2021, pp. 1-2). Las investigaciones actuales buscan integrar el tacto en experiencias multimedia, promoviendo la empatía y permitiendo este acceso al arte de maneras diversas.

La retroalimentación táctil es una herramienta valiosa para enriquecer dichas conexiones emocionales y cognitivas tan importantes para nuestro desarrollo sociocultural. Es esencial ofrecer múltiples canales de información adaptados a las circunstancias de cada usuario, especialmente en una era donde los NFT's y el metaverso se valoran en la tecnomuseografía como grandes avances, posibilitando una participación mucho más colaborativa, rompiendo los límites entre lo virtual y lo real, así como promoviendo una inclusión descentralizada (Lee y Lo, 2022, pp. 1-4).

El colectivo de personas con discapacidad visual suele ser ignorado a menudo en los museos. Si bien, existen recursos puestos a su disposición para la lectura de las obras (cartelas de mayor tamaño o en braille, reproducciones con relieve, maquetas 3D, etc.) son bastante limitados. A través de estos recursos no se pueden crear experiencias completas y compartidas de la misma manera en la que los usuarios visuales, lo que resalta la necesidad de adaptar propuestas para alcanzar diferentes perfiles de usuarios de una forma totalmente inclusiva. A pesar de la efectividad demostrada por los sistemas hápticos (Carrozzino y Bergamasco, 2010, p. 452) aún es raro encontrar experiencias de este tipo dichas instituciones. Lo háptico se refiere al sentido del tacto y la cinestesia a la percepción del movimiento del cuerpo.

En entornos virtuales, la retroalimentación háptica potencia la interacción con objetos tridimensionales simulados, mejorando, no solo su comprensión, sino, también ampliando su sensación de interacción con ellos (Fritz y Barner, 1999, pp. 372-384). Aunque aún existen limitaciones, se continúa investigando esta senda de desarrollo *tech*.

La experiencia estética que puede tener una persona ciega o con baja visión se subestima, por lo general. Sin embargo, estas personas utilizan la imaginación y desarrollan habilidades emocionales compensatorias cuando entran en contacto con la obra de arte. La ceguera no debe verse como una limitación, sino como una oportunidad para el diseño de herramientas curatoriales digitales centradas en la estimulación de los sentidos alternativos a la vista. Este texto, busca redefinir cómo se percibe y accede al arte por parte de las personas no visuales, potenciando estrategias inclusivas e innovadoras a través del uso de técnicas modernas como la fotogrametría digital (generación de gemelos digitales 3D), el diseño de experiencias inmersivas y su conversión en NFT's, ofreciendo formas de propiedad y autenticidad accesibles, participativas, educativas y comunitarias.

2. Marco Teórico

2.1. La fenomenología del esquema corporal

En el contexto de la fenomenología de la percepción de Merleau Ponty (1964) podemos referirnos al «esquema corporal» con relación al tratamiento del movimiento (cinestesia) y el espacio (entorno de percepción) como medios de expresión que abarcan tanto lo visible como lo invisible, transformando el concepto de entendimiento. El concepto anteriormente indicado incluye procesos sensoriales y motores, los cuales inducen a la postura y el desplazamiento del propio cuerpo, influenciando la percepción y abarcando la dimensión personal (percepción externa frente a otros elementos de la realidad). La motricidad del cuerpo, en un contexto espacial determinado, se rige por patrones cinestésicos, articulares y estímulos táctiles que provienen del mundo intersensorial individual y que precede a todas las partes de la conciencia, así como de la propia percepción o entendimiento del mundo. Por tanto, la información presentada ha de ser interpretada (Battan, 2013, pp. 16-26).

En tal sentido, el cuerpo se presenta como un referente situado en un lugar concreto que se manifiesta a través de actividades potenciales o de acción. Esto revela, además, un conjunto de movimientos y coordinaciones diferentes ante dicho espacio. La naturaleza dinámica corpórea participa del intercambio dialéctico entre lo concreto y lo abstracto (un eje de modulación situacional que construye la base pre-intelectual de la percepción) y con ello, el sujeto se define dialécticamente frente al mundo, es decir: «es-en-el-mundo».

Es también la propia interacción sensorial del cuerpo la que genera conexiones temporales en términos de experiencia y exploración. Esto es lo que le permite disfrutar contemplar y reflexionar en el contexto en el que se halla disfrutando de su propia subjetividad. Asimismo, tanto la percepción háptica (que abarca los sensores del cuerpo humano) y el sonido, actúan fisiológica, psicológica, cognitiva y conductualmente en el sujeto, afectando al propio cuerpo y sus ritmos en lo que a emoción, comprensión e interpretación de la información se refiere. Aquí, justamente, es donde ocurre la acción (Soria, 2017, pp. 834-839).

De hecho, el tacto es un sentido esencial para el ser humano (necesitamos tocar o ser tocados) y, por tanto, cuando hablamos de una conexión con el mundo, la percepción táctil se convierte en un idioma alternativo que ofrece información tangible y sensible capaz de evocar sensaciones vinculadas a ciertas emociones de las que se puede extraer conocimiento.

El cuerpo, por tanto, se integra y se apropia del entorno en el que se encuentra. Esto le permite expandirse y ampliar la capacidad del sujeto operativo estimulado por los contenidos perceptivos. El sujeto no solo se extiende físicamente, sino que, también, lo hace simbólicamente al ser percibido y traducido (García, 2022, pp. 267-268). Se crea, en este sentido, un recorrido hipertextual que implica la materialización del “yo” ante el reconocimiento de los estímulos externos; se vuelve materia procesada que genera nuevos datos experienciales en el ámbito de la interacción o del reencuentro situacional percibido.

En el contexto de la percepción en personas no visuales, este fenómeno adquiere una dimensión especialmente relevante, pues estas personas dependen en gran medida de otros sentidos no visuales para interactuar y comprender su entorno. Al no poder depender del sentido de la vista, desarrollan una percepción mucho más aguda del tacto, el oído e, incluso, el olfato. Los procesos sensoriales y motores que inducen la postura y el movimiento juegan un papel crucial en la percepción del espacio que ocupan, así como la interacción táctil y auditiva. La propia percepción háptica, en estos casos, se convierte en el principal medio, a través del cual, perciben y entienden el mundo. Es así como adquieren un sentido del «yo» en el mundo y, con ello, acaban por materializarse y comprender perceptivamente su entorno.

Indica Flores (2019, p. 198): “en la tactilidad estética son inhibidas las función cognitiva, la deóntica o la expresiva para dar el paso a tocar lúdico, que encuentra en su ejercicio una euritmia, una armonía o una sorpresa, la cual constituye un logro estético”. Con esta frase se refiere a cómo en la experiencia táctil enfocada en lo estético, se suprimen ciertas funciones habituales cognitivas y expresivas, dando prioridad a un tipo de contacto lúdico que se realiza por placer y disfrute del acto de tocar en sí mismo. En otras palabras, el autor se refiere al disfrute sensorial y a la belleza del acto de tocar, más que a su utilidad práctica.

¿Podemos hablar de una fenomenología de la tactilidad? Sí, de hecho hay que entenderla en el contexto de la experiencia personal, incluso dentro de la propia corporeidad o cuerpo experimentado que nos permite analizar las acciones que realizamos en el tiempo y el espacio, así como las experiencias relacionadas con el cuerpo vivido de manera cambiante. El tacto es un campo de sensibilidad en constante cambio, al igual que lo son las regiones visuales fisiológicas (Flores, 2019, p. 194-195).

Podemos decir, por tanto, que en los campos táctiles se identifican «unidades» de tactilidad que pueden mostrar ciertas polaridades en relación con la existencia de las cosas. Entrar en contacto con un objeto define un conjunto de relaciones y exposiciones de las que dependen cualidades o atributos propios de la experiencia (caliente/frío, liso/áspero, ligero/pesado, etc). Estas convergencias son únicas y están relacionadas, a su vez, con la propia conciencia espacial del cuerpo (ubiestesias) que podría compararse a lo que es el lenguaje para el habla.

2.2. Leer con las manos: tacto, háptica y propiocepción

La percepción háptica, contrariamente a lo que se ha investigado a lo largo de los años, no se basa en lo visual, sino que proporciona información crucial sobre el entorno y los objetos con los que interactuamos, los cuales no pueden ser captados por otros sentidos. Esta modalidad sensorial es esencial para discernir propiedades del objeto que de otra manera serían inaccesible para nosotros. En cuanto al tacto, la idea de que se trata de un sentido secundario proviene de una comprensión limitada sobre su especialización. Esta es distinta, pero no por ello menos importante. De hecho, el desarrollo perceptivo háptico puede ser de gran utilidad, especialmente en la educación y entrenamiento de personas ciegas o con discapacidad visual.

Tanto es así que existen tres formas diferentes de procesar la información táctil (percepción a través de la piel cuando el individuo está quieto; la cinestésica, relacionada con el movimiento y cuya información procede de los músculos y tendones (interna); y la háptica, que integra a ambas ofreciendo información precisa sobre los elementos del entorno de forma activa implicando el uso de las manos y los dedos (Ballesteros, 1993, pp. 313-314).

La percepción háptica, la cual combina los componentes cinestésicos y táctiles que permiten al sujeto moverse y recibir información de manera dinámica y completa de forma similar a como lo haría el ojo (órgano principal de la visualidad). Es necesario reconocer que la manipulación y percepción de los objetos a partir de estas tres modalidades de percepción provienen de una intencionalidad consciente que busca el procesamiento activo de datos durante una exploración concreta. Para las personas ciegas es fundamental entrar en contacto con su entorno y aprender de él.

La mano es clave para asimilar la sensibilidad cutánea que, a su vez, se compone de subsistemas sensoriales (receptores térmicos) que activan parte del sistema sensorial, y que al unirse a las capacidades motoras de esta, se facilitan las funciones perceptivas y cognitivas relacionadas, no solo con lo que se toca, sino con las relaciones de movimiento activo frente a los objetos que surgen de las mismas (Ballesteros, 1993, pp. 315-317).

¿Qué ocurre con las personas ciegas? ¿cómo crean sus imágenes mentales del entorno y cómo perciben los elementos que están fuera de su alcance visual? La imagen es solo un intermediario; la imagen mental generada no será más que un cúmulo de percepciones construidas en su forma corporal que condiciona la construcción de dichas imágenes. Se trata de una corporeización de la imagen a partir de los procesos de percepción y conocimiento interno/externo que reconfigura la escena imaginada (Correa y González, 2019, pp. 52-59). En el caso de la ceguera, es importante considerar los micro y macro movimientos manuales para codificar y decodificar la memoria mediante aprehensión háptica. Solo así, se podrán formar imágenes mentales aprovechando la multimodalidad perceptiva.

El papel de la imaginación en la percepción es habitual, indica Ivana Anton Mlinar (2015, pp. 234-236) pues durante la fase de pensamiento o la propia lectura nos escuchamos a nosotros mismos, hablamos y comentamos.

Este proceso transforma las operaciones subjetivas y las convierte en conocimiento comunicable, pasando a ser parte de la formulación lingüística. Es decir, son juicios que, a partir del habla interna, se vuelven explícitos y conscientes, complementados por el acto posicional en el espacio ocupado (propiocepción).

La descripción anatómica y funcional del tacto, así como sus problemáticas (distinguiendo entre subsistemas cutáneos y cinestésicos) fueron analizados por David Travieso (2007, pp. 143-152). El tacto posee una dimensión activa relacionada con la exploración del entorno, lo cual no deja de ser paradójico porque fenomenológicamente se presenta como dependiente de la voluntad exploratoria. La propiocepción ayuda a entender los agentes mecánicos corporales (señales viscerales) y a percibir atributos independientes al sujeto. Por lo que, tanto el movimiento consciente como el inconsciente (ya sea o no intencional) abarcará propiedades del cuerpo *per se*, siendo tanto funcional como mecánico: dos dimensiones que cambian ontogénicamente a lo largo de la vida y que están en constante coevolución posibilitando el binomio acción-percepción, y con ello experiencia y transferencia de conocimiento *in situ*.

2.2.1. Consideraciones sobre el cuerpo y el cerebro: percepción estética, cognición, somatización y lenguaje

Es crucial reconocer siempre los límites del lenguaje y explorar la relación entre percepción táctil y lenguaje. Esta relación se vincula con lo universal y lo prelingüístico, destacando la autolimitación del lenguaje y la propia capacidad humana de comprender las diversas interacciones con el mundo. Para las personas ciegas o con baja visión, el tacto, aunque no siempre expresado verbalmente, comunica lingüísticamente, proporcionando un conocimiento inmediato de una «verdad singular» derivada de una acción concreta (Díez, 2020, pp. 29-30 y 34). El reto radica en entender esta percepción dentro de esos límites del lenguaje hablado y en justificar un lenguaje alternativo basado en las condiciones perceptivas, sensitivas y cognitivas individuales, pues la sensibilidad táctil, a pesar de estar mediada por el lenguaje, es el pilar de la conciencia y la cognición inmediata, por tanto, la corporalidad en la cognición.

La vida mental está ligada al cuerpo como instrumento de percepción (intersubjetivo) en el que la causalidad transforma la motivación y se convierte en una parte significativa del flujo de experiencias del sujeto, anclándose en su expresión conductual (Hernández Cagua, 2017, pp. 52-54).

El conocimiento inicial proviene de la percepción del entorno y de los eventos que ocurren en él. Esta información, obtenida a través de los sentidos, permite al cerebro formar representaciones mentales similares a los objetos reales en el caso de personas con visión. Una persona ciega, sin embargo, crea iconos mentales que pueden ser representados gráficamente ante estos objetos, a través del tacto y del movimiento en el espacio concebido para ello (Pérez Bernal, 2019, pp. 19-26). La repetición de acciones refuerza y actualiza dichas representaciones, las cuales, además, tras ser analizadas, organizadas, interpretadas y comprendidas, se incluyen de manera duradera en la conciencia del perceptor. Es por ello por lo que los sistemas cutáneos y motor son tan importantes para la percepción en general.

Con relación a la experiencia estética debemos preguntarnos si las sensaciones corporales, y los subsistemas perceptivos y motores durante el «actuar espontáneo», dan forma a la construcción autoconsciente y asociativa del sujeto. Desde un punto de vista somático, sensibilidad y afectividad son cruciales para la experiencia estética, pues el cuerpo se ve afectado. Cada secuencia experiencial modifica y transforma circunstancias, desencadenando reacciones de placer o desagrado (Rojas Latorre, 1993, pp. 83-86).

La relación entre el conocimiento inicial derivado de la percepción estética en personas ciegas surge del uso de sus manos para «ver y comprender» mediante un proceso que involucra una apreciación sensorial que va más allá de la simple observación.

El propio acto de tocar una obra de arte y sentir sus detalles minuciosamente posibilita la creación de un diálogo sensorial con la obra, con cada textura y cada forma. Este tipo de experiencia es totalmente personal, pues promueven una comprensión íntima de la manifestación en el mismo acto. No debemos olvidar que lo sensitivo se compone de estímulos interpretados a través de la experiencia individual, los cuales conforman su horizonte de expectativas y emociones (Pita y Tagliani, 2017, s.p). En el arte, la percepción está vinculada al acervo cultural asimilado, pero también podemos expresar nuestro mundo interior a través de la intersubjetividad.

Percibir no es solo reconocer, es explorar, asimilar, interpretar, reconstruir y crear. Traduciendo estos estímulos en experiencias cognitivas se enriquece, no solo al sujeto que se apropia de la experiencia y expresión sensorial, sino, al resto de personas de su alrededor.

Por tanto, hemos de preguntarnos ¿es la mano una extensión del cerebro capaz de recordar, saber y sentir? Lo háptico no solo involucra la mano y el tacto, sino, tal y como hemos indicado anteriormente, otros sentidos también: la importancia de lo performativo en espacio, tiempo y pensamiento es otra parte integral de la interacción y se presupone esencial en el caso de ceguera o baja visibilidad (Arri, 2019, pp. 155-157). Nos ayuda a entender que la yema de los dedos y que las manos son más que simples herramientas controladas de forma externa, se establecen, además, conexiones entre los aspectos motores, sensoriales y cognitivos durante la lectura formando un todo holístico resultado de la propia capacidad humana y su relación con el entorno.

A continuación, veremos cómo traducir todo esto a través del uso de tecnologías computacionales y recursos digitales en estrategias curatoriales válidas e inclusivas, complementarias a las ya existentes (maquetas táctiles, braille, reproducciones 3D físicas o guías de audio) las cuales son muy interesantes, pero no terminan de incorporar a su funcionalidad todo el entramado fisiológico, tratado en párrafos precedentes y que sin embargo se antoja realmente necesario cuando hablamos de obtener una experiencia estética plena frente al artefacto artístico.

2.3. Tecnología, arte y ceguera: estrategias curatoriales inclusivas

La palabra «inclusión» es compleja cuando hablamos del contexto museístico, ya que se aborda desde otros ámbitos que confunden su aplicación en el marco del conocimiento patrimonial y artístico. Es necesario hablar de inclusión museística, pero reconociendo la naturaleza multidimensional que deriva de la realidad en la que vivimos, especialmente en el ámbito emocional, que es ampliamente ambiguo (De la Jara, 2022, p. 96). Por ello, es necesario subrayar que el conocimiento construido y materializado a nivel museográfico debe incluir cualquiera de las posibilidades de acción individual en términos de contacto y una semiótica plural que conforman cada una de nuestras emociones. Esto implica abrir marcos disposicionales a través de la acción del sentir en el cuerpo la dimensión potencial del ser humano.

Para que una persona con pérdida de visión total o parcial pueda disfrutar de una visita independiente y espontánea a un museo (real o en el metaverso) es necesario que las propias instituciones implementen políticas de accesibilidad efectivas.

Aunque se han hecho progresos, este acceso sigue siendo limitado, lo que genera barreras que excluyen al colectivo. La investigación, en estos casos, debe orientarse hacia el desarrollo de ciertos estándares de accesibilidad y adaptación, donde el diseño inclusivo sirva de base para un desarrollo correcto de estos recursos específicos como, por ejemplo, creación de narrativas como proceso ascendente a través de experiencias sensoriales a través del contacto con los objetos, trabajando el valor cultural desde la multimodalidad, tanto física como cognitiva (Ayuwaka, 2021, pp. 3-9).

Cuando hablamos de diseño, lo hacemos también de personas y sus necesidades o experiencias, incluso de cómo mejorar su calidad de vida. Diseñar desde el prisma inclusivo requiere de eliminar incompatibilidades y remediarlas en cualquier momento y lugar. Así, el desarrollo de estrategias de comunicación que acerquen a personas no visuales al museo, ya sea este físico o virtual, se ha convertido en un desafío enorme en la actualidad. En este contexto, la tecnología hace aparición y se convierte en un mecanismo de ayuda. Sin embargo, aunque los museos vienen utilizándolas en las visitas físicas y en términos inclusivos, estos siguen considerando que la accesibilidad no es una prioridad (Roselló 2023, pp. 226-228) dificultando, a su vez, el disfrute artístico-patrimonial en igualdad de condiciones.

Deberemos retomar los conceptos de experiencia estética y experiencia háptica en relación con las personas ciegas o con visibilidad reducida y hacernos ciertas preguntas de nuevo: ¿cuál es el papel de la percepción háptica en la intensificación de los estímulos sensoriales cuando estamos ante un artefacto artístico? ¿las *interfaces* hápticas pueden posibilitar un acercamiento más completo del usuario ciego a la obra? ¿es solo una tendencia estética de la museografía o realmente puede funcionar si se trabajan a partir de ciertos parámetros perceptivos particulares del individuo? La interacción con el entorno se fundamenta en nuestra propia naturaleza corporal y perceptual. La tecnología háptica está ganando gran solidez y concreción en el diseño de experiencias artísticas.

La incorporación de softwares y hardwares especializados que revelan una nueva corporeidad virtual conectada a lo somatosensorial, produciendo la integración fenomenológica (esquema cinestésico) y lo perceptual significativo ayuda a explorar qué se vuelve realmente relevante en la experiencia de los espectadores con discapacidad visual desde una perspectiva multimodal que no solo incluye el tacto, sino, también el gesto (Agués da Cruz Silva, 2016, pp.13-25).

La dialéctica del gesto, como ya indicábamos en los primeros epígrafes, plantea un desafío enorme en lo que a interacción humano-máquina se refiere, pues se construyen discursos diversos, lo visual se vuelve tangible, la exploración se subjetiva a la experiencia y el contacto directo con la obra se manifiesta en la producción de imágenes mentales en un dominio perceptivo totalmente distinto al que estamos habituados. ¿Cómo replicar de manera efectiva el sentido del tacto a través de la tecnología? A través del diseño háptico, la fotogrametría digital, y la generación de modelos 3D en un entorno virtual construido. Su conversión a NFT (Non Token Fungible) además, permitirá a este colectivo participar del continuo colaborativo que supone este mercado de intercambios en la red y ser propietarios o copropietarios.

En contraste con el esquema de mediación física tradicional en un museo, tanto lo háptico como lo virtual buscan proporcionar una participación más activa y amplia (educativa y creativa) en lo que a exposiciones se refiere. El museo trata de canalizar otras vías de acceso y optimizar la interacción con el usuario. No es nuevo, pero la retroalimentación táctil digital o háptica activa se centra en la mejora de las habilidades de orientación espacial y movilidad de las personas con ceguera mediante audio y vibraciones.

La exploración en entornos virtuales que incluyen estas características ayuda a las personas a comprender la forma, identidad y dimensiones de los objetos que lo componen, interactuando, además, con el espacio físico escaneado o generado mediante gráficos 3D en el que el objeto se presenta como un gemelo digital (Espinosa y Medellín, 2022, pp. 197-201). Si bien, el proceso de enseñanza-aprendizaje de las diferentes etapas de exploración táctil y háptica requieren de entrenamiento y una motivación gradual, no deja de ser eficaz para mejorar la capacidad, rendimiento y reconocimiento por parte de estos usuarios de los objetos artísticos que se le presentan.

Un ejemplo claro de ello es el proyecto *O Grupo do Leão: explorando a inclusão das pessoas com deficiência visual em museus através de uma experiência imersiva* coordinado por las Dras. Patrícia Roque Martins (IHA-FCSH, Universidade de Lisboa) y Leticia Crespillo Marí (Universidad de Málaga), en el que se diseñó una propuesta de implementación háptica y auditiva haciendo uso de fotogrametría digital, realidad virtual y *Game Engines*) con la intención de posibilitar un encuentro estético lo más auténtico posible entre la obra de Columbano Bordalo Pinheiro del Museo Nacional de Arte Contemporânea de Lisboa, y el público invidente. En febrero de 2023, se hicieron los testeos con dos asociaciones de personas ciegas en Lisboa. Los resultados fueron buenos, pero aún queda camino por desarrollar (Roque y Crespillo, 2023).

Efectivamente, tal y como indica Cho (2021, pp. 13-17) las interacciones auditivas combinadas con experiencias hápticas mejoran la apreciación del arte por parte de las personas no visuales, pues animan a construir paisajes mentales a través de la interacción multimodal. Esto resulta en un aprendizaje formal y estético diferente al de los videntes, pues las formas de arte son co-sensoriales y pueden recodificarse para proporcionar experiencias únicas. La integración multisensorial es esencial en el procesamiento de información, por tanto, crear diferentes percepciones sensoriales donde los elementos se reconozcan a través de los sentidos (no visuales) del perceptor, posibilitará una traducción de estímulos de forma positiva.

Estas herramientas no dejan de ser un medio de comunicación interactivo que requiere de una intervención activa por parte del usuario que debe tomar, además, una decisión consciente. Esto transforma los procesos de aprendizaje. El usuario ciego percibe, siente y controla a través de sus propios movimientos y acciones la experiencia frente a la manifestación (algo instintivo para el ser humano) siendo independiente de otros. (Carrozzino y Bergamasco, 2010, p. 453). Las obras se vuelven más accesibles a la percepción y las fronteras del conocimiento se expanden. Se diversifican las estructuras de puesta en valor, difusión y transferencia de conocimiento, incluyendo tanto a usuarios presentes como remotos, actualizando con ello el concepto tradicional de museo. Lo háptico, lo táctil y lo virtual se convierten en un trinomio con gran potencial en cuanto a comunicación de contenidos estéticos y formales desde la perspectiva histórico-artística y patrimonial.

2.3.1. Pero ¿y los atributos del color que son esencialmente visuales y subjetivos?

Como ya hemos visto anteriormente, se puede afirmar que en la percepción háptica y táctil los receptores cutáneos proporcionan una amplia cantidad de información interesante. Podríamos argumentar, pues, que para las personas ciegas este tipo de encuentro sensitivo con el mundo externo es de los más importantes, pues la piel cumple numerosas funciones fisiológica. Las manos se convierten una herramienta esencial para la creación y desarrollo de experiencias únicas, pues estas son el verdadero órgano de la percepción háptica, máxime cuando hablamos del tacto dinámico que posibilita la apreciación de un objeto y sus características de manera secuencial (Vidal, 2020, pp. 171-173).

Sin embargo el color sigue siendo uno de los desafíos más complejos a los que enfrentarse cuando hablamos de codificación de un elemento tan visual y subjetivo. Una persona ciega de nacimiento nunca ha accedido a dicha información (Vidal, 2020, pp. 213-214). Por ello, es necesario utilizar métodos de aprendizaje alternativos para comunicar de forma completa y precisa la cromática a explorar sin *sobreestimar* al sujeto con ideas abstractas que terminen por saturarlo (similar al sistema braille). El color comunica ideas, expresa sentimientos, estados de ánimo y reacciones individuales. El color *per se* no existe, es una refracción de la luz (longitudes de onda) y su tonalidad depende de los mecanismos fisiológicos del ojo (conos y bastones) y del nervio óptico que traslada esta información al cerebro (Hume 2003, pp. 10-38).

Las propias deficiencias en la percepción del color son comunes, asimismo, es un fenómeno visual que no se asocia a la naturaleza humana. Simultáneamente, los estímulos auditivos o táctiles (junto a los olfativos y gustativos) pueden ayudar a la percepción no visual del color, considerando ciertos parámetros establecidos que ayudan a evocar diversos sentimientos y proporcionar una amplia gama de sensaciones sensoriales con múltiples capas de significación.

Siempre que hablamos en estos términos nos acordamos de Neil Harbisson, conocido como el primer Cyborg del mundo, el cual no podía percibir el color a nivel visual (por su acromatopsia) y se implantó una antena en la cabeza en 2004 que le permitió oír frecuencias del espectro de luz (incluso colores infrarrojos o ultravioletas) convirtiendo estos estímulos en tonalidades diferentes dentro de una escala de sonido amplia. Memorizando cada sonido de cada color. Por tanto, Neil escuchaba colores, convirtiendo este hecho en una singular codificación perceptiva. Si bien, recuerda mucho a la sinestesia, que es una condición neurológica, en este caso, saber escuchar colores se traduce es solo el resultado del dispositivo cibernético.

Desarrollar un concepto de apreciación del color post-visual ofrece una gran oportunidad de inclusión para que personas con discapacidad visual disfruten del arte. De este modo, la sinestesia inducida o ideaestesia puede romper dichas barreras, ya que se juega con herramientas sensoriales que aumentan la accesibilidad, usabilidad e interacción con las obras de arte, sin dejar de lado el componente estético de algo tan importante como el color y sus tonalidades. El tacto se vuelve crucial cuando la vista no está presente, ya que se agudiza y mejora la capacidad de discernimiento en cuanto a orientación y superficie al tocar objetos, pero el desafío ahora se sitúa en encontrar maneras de transmitir el contenido y significación del color a través del tacto y el audio, fortaleciendo la apreciación del mismo mediante la creación de imágenes mentales basadas en la experiencias y las expectativas de los usuarios. Lo que Jundong Cho llama “ver con el ojo de la mente” (2021, p. 31).

La sinestesia no se considera una enfermedad, sino una cualidad. De hecho, es una asociación automática e involuntaria de estímulos sensoriales con diferentes propiedades. Este fenómeno, que afecta a una pequeña proporción de la población, se manifiesta de diversas maneras: se puede asociar colores con letras o números, conceptos abstractos, sonidos que se traducen en formas y colores, etc.

En neurofisiología se entiende como una interferencia de sensaciones relacionadas con los sentidos de percepción única. Es una realidad neuropsicológica en la que existen procesos cerebrales específicos involucrados, por tanto, puede ser el resultado de conexiones únicas entre las áreas cerebrales o de una inhibición reducida en las etapas del desarrollo prenatal. La sinestesia es involuntaria y constante, pero se convierte en un recurso valioso para el diseño de herramientas útiles y funcionales ligadas a nuestra investigación.

Frente a la sinestesia, llama la atención un concepto similar pero diferente a la vez. La ideaestesia, que refiere a un nivel semántico-sensorial que involucra el lenguaje, donde el estímulo induce experiencias similares a las percepciones. La sensación de conceptos se relaciona con el componente semántico y se atribuye a esta un fenómeno en la interacción. En el ámbito del arte, este segundo concepto equilibra mejor la relación entre símbolos y juicios extraídos de la interacción sujeto-artefacto artístico.

Danko Nikolic es el que introduce el concepto de “sensación de conceptos” donde los significados asociados a un estímulo inducen experiencias percibidas de manera similar a las sensaciones sensoriales. Esto es, no son simplemente una mezcla de sensaciones, sino que están impulsadas principalmente por la comprensión semántica intermedia entre los estímulos y la percepción sensorial (2009, s.p.). De hecho, examina la activación de conceptos que generan experiencias fenoménicas y su conexión con el arte, destacando como los conceptos median en estas asociaciones sensoriales proporcionando un significado con la intensidad de la sensación a través de conceptos abstractos que transmiten significados complejos y emocionales que impactan el espectador por asociación, a diferencia de la sinestesia tradicional (Danko, 2026, p. 1-16). ¿Por qué? El arte es percepción y significado, por tanto, la obra de arte debe dejar una impresión duradera en el individuo manteniendo ese equilibrio ideastésico.

¿Podemos, entonces, codificar el color a través del sonido a partir de ideaestesia inducida para hacer más accesible, a nivel formal y estético, la obra de arte? Poco a poco, la discapacidad visual se percibe como un entramado de poder, conocimiento e identidad. Desde este mismo enfoque, se considera que estas personas no pueden construir representaciones legítimas del mundo o de sí mismas, ignorando su capacidad para participar, interactuar y explorar la dimensión sensible a través de otros sentidos (Román Rivas, 2023, pp. 43-44). Sin embargo, aquí es donde podemos comenzar a experimentar con el resultado de las experiencias corporales, sensoriales e ideaestésicas, alejándonos de la mirada del deseo de las imágenes (desvisualizando) y promoviendo una nueva forma de materialización narrativa que cuestione, precisamente, la percepción ocular céntrica.

La propia Mercedes Román (2023, p.55) nos indica que habitar la ceguera es posible a través de esta atención multisensorial comprometida con el cuerpo, capaz de construir una visualidad alternativa basada en el «ojo interno». Por tanto, los colores pueden ser traducidos a sonidos específicos que evoquen emociones y significados mientras se palpa hápticamente la forma. Por ejemplo: tonos cálidos y suaves pueden representar colores como el rojo o el amarillo, mientras que sonidos más fríos pueden representar el azul o el verde. Además, no solo se representarían colores, sino que se transmitirían sus características emocionales y simbólicas. El rojo se asociaría con sonidos más enérgicos y apasionados, el azul, al contrario, con otros más calmados y tranquilos.

La descripción complementaria de escenas visuales en términos emocionales de los conceptos que se representan, como una puesta de sol, pueden usarse para evocar serenidad facilitando la comprensión profunda del evento cromático representado. La música o los paisajes sonoros pueden representar paletas cromáticas específicas en connivencia con secuencias de sonidos que corresponden a los diferentes colores, permitiendo a una persona ciega escuchar la propia interacción y la armonía tonal, cuyos cambios de ritmo o timbre pueden corresponder, a su vez, a diferentes transiciones de color. Todo ello, junto a dispositivos hápticos y táctiles que traduzcan colores en vibraciones, ofrecen la posibilidad de «ver» un evento cromático a través de los sentidos alternativos.

Son Ramachandran y Hubbard (2001, p. 33-34) los que demostraron que la experiencia perceptual sinestésica (general) no es solamente una asociación de la memoria, sino que se origina por una interconexión cruzada entre los centros del color, las letras y los números en el cerebro. La representación de metáforas en este órgano podría explicar una mayor incidencia de esta condición entre personas creativas. El uso de metáforas relacionales, fundacionales y racionales (convencionales) es una forma de plantear múltiples experiencias mediante la estimulación sensorial multimodal, la cual posibilita la construcción necesaria de imágenes mentales que se proyectan en el cerebro y se interpretan a través del lenguaje en situación. Gracias a los signos o estímulos.

Así como a la perspectiva gestual y física se constituye un pensamiento creativo único en el que la imaginación se activa y no se limita a interacciones visuales ¿Es posible colorear el sonido y estimular a personas ciegas para que adquieran conocimiento? Podría ser una fórmula estética de codificación alternativa a lo visual (Martín Palomares, 2020, pp. 25-28).

Aplicar la ideaestesia al diseño de eventos cromáticos para hacer el arte accesible a personas con discapacidad visual en diferentes grados es una estrategia innovadora e inclusiva, pues permite experimentar el mundo cromático desconocido utilizando, a su vez, el poder del sonido para transmitir significados y evocar emociones. Adoptar esta hibridez de soluciones podría mejorar el rendimiento físico y/o cognitivo en términos de accesibilidad a obras de arte independientes o a colecciones, por parte de personas con discapacidad visual. Exploraciones previas de contenido, complementadas con tecnología virtual y exploración háptica, retroalimentación táctil, descripciones de audio, soluciones sensoriales como la ideaestesia, navegación asistida, cinestesia y una interfaz manipulable de forma autónoma en un espacio controlado (Vaz *et al.*, 2020, p. 72). Comprender estas dimensiones del diseño inclusivo, más allá del uso de Braille o las audioguías tradicionales, pueden ayudar a las instituciones culturales en general a desarrollar políticas unificadas y experiencias realmente democratizadoras, así como enriquecedoras, en cuanto a inclusión se refiere.

2.3.2. ¿y por qué convertir estos recursos en NFT's?

Al margen de haber explicado cómo influiría un diseño híbrido háptico-virtual ideaestético en el marco de la percepción formal y estética de la obra de arte en personas invidentes, debemos tener en cuenta otras dimensiones *tech* actuales cuyo potencial promueve, no solo la accesibilidad y la inclusión, sino, también la igualdad o la diversidad, resultando en un beneficio socio-cultural amplio. Los entornos virtuales o el metaverso están teniendo un impacto bastante positivo en el mundo real, ya que satisface una amplia gama de necesidades en tiempo real. Estos espacios permiten a los usuarios construir, participar y organizar su entorno, facilitan la comunicación e, incluso, la preservación artístico-cultural y la reconstrucción digital de aquellos elementos frágiles del mundo físico (Duan *et al.*, 2021, pp. 153-159).

Se pone énfasis en la experiencia de usuario. Esto incluye el uso de gemelos digitales 3D (como a los que nos hemos referido en epígrafes anteriores), los cuales pueden ser convertidos en Non Fundible Tokens (NFT's) tridimensionales y formar parte de experiencias inmersivas e interactivas en el ciberespacio.

De hecho, las prácticas en este campo siguen evolucionando y mejorando. Existe ya la posibilidad de crear modelos 3D compatibles con los estándares actuales del propio ecosistema NFT.

Modelos que se conceptualizan, producen, modelan, texturizan, animan, renderizan y postprocesan (Abdugafurova, 2024, p. 92) utilizando formatos de archivos estandarizados como glb.* u obj*., y que se espera, redefinan las percepciones y valores de los coleccionistas y usuarios de arte sobre la propiedad certificada, los ecosistemas de intercambio y las capacidades de software y hardware existentes. El uso de manos en el metaverso implica un proceso de desarrollo e impacto potencial en los entornos virtuales. Estamos ante una herramienta de interacción que mejora la experiencia de usuario en cuanto a inmersión y manipulación de objetos. Incluir a personas con discapacidad en experiencias virtuales, frecuentemente entendidas como visuales, es un logro. Además, se asegura la unicidad y propiedad de cada interacción, proporcionando un método seguro y verificable de propiedad y transferencia.

Desarrollar modelos 3D detallados (gemelos digitales) y convertirlos en NFT's, incluye diseño, animación y modelado, garantizando ciertas funciones del contacto háptico que pueden personalizarse, mejorarse y ser experimentadas por usuarios en general.

Esto incluye la evolución de los museos a la que hacíamos referencia en otros epígrafes. Pedulla (2021, p. 3) indica que los medios de difusión y exhibición artística, así como los espacios de exposición expandidos en el ámbito virtual, han surgido como transposición de las propias instituciones culturales. Esto hay que abordarlo seriamente. Las tecnologías computacionales emergentes y el ecosistema digital predominante en la actualidad, redefine las relaciones en línea diversificando la circulación del arte a través de plataformas que combinan diversos modelos de audiencias y experiencias de consumo. En dichas plataformas, los NFT también encuentran su lugar.

Al igual que ya se desarrollan experiencias hápticas en entornos físicos museísticos mediante dispositivos de retroalimentación de fuerza que influyen en el comportamiento del usuario, los NFT's pueden ser programados para cumplir la misma función. De hecho, esta retroalimentación de fuerza, en comparación con su ausencia crea conexiones más fuertes respecto del objeto, satisfaciendo requisitos sociales diversos. El metaverso ofrece un espacio de identidad, amigos, incentivos, propiedad, cultura, arte, diversificación y experiencias únicas, así como transacciones económicas propias sin importar la condición física del usuario (Lee y Lo, 2022, pp. 1-4). Se eliminan barreras entre lo virtual y lo real, así como se contribuye a la colaboración y al crecimiento del entorno de manera inclusiva.

Para concluir este epígrafe, he de indicar que la incorporación de interacciones multimodales en los NFT está siendo fundamental para fomentar una integración más profunda de los usuarios, así como para integrar datos de comportamiento humano en unidades NFT generativas. En estos términos podemos referirnos a lo que se conoce como «NFT interactivo multimodal» que incluye propuestas más dinámicas, personalizadas y sensoriales de la experiencia, ligado a un concepto de propiedad única que añade una dimensión más humana al mundo virtual (Wang *et al.*, 2022, pp. 663-666).

3. Metodología

La inclusión de personas ciegas en el disfrute y comprensión del arte ha sido, como decíamos, históricamente limitada debido a la propia naturaleza visual de las manifestaciones artísticas. Sin embargo, esta investigación se propone integrar la tecnología virtual-háptica y los NFT'S con la intención crear experiencias inmersivas, accesibles y colaborativas, redefiniendo el modo en el cual se accede a la manifestación artística. Se parte de una metodología mixta que combina el enfoque cualitativo y cuantitativo.

Se sustenta en un sólido marco teórico, así como en el diseño de herramientas tecnológicas específicas que facilitan la interacción sensorial y emocional de personas ciegas o con baja visibilidad en el ámbito de la cultura artística.

Esta comprensión teórica de la fenomenología del esquema corporal y de la percepción en personas ciegas destaca la importancia del movimiento y el espacio como medios de expresión fundamentales para comprender en su totalidad las cualidades estéticas y formales de la obra artística. En el contexto de la propiocepción y el tacto, la percepción háptica combina componentes fisiológicos (entre los que se encuentran la cognición y la cinestesia) que permiten al sujeto moverse y recibir información de una manera dinámica y completa, similar a cómo funciona la visión. Esta comprensión teórica es fundamental para desarrollar las estrategias curatoriales que consideramos en este proyecto eje central para lo que se entiende como «inclusión efectiva».

Una parte importante del proyecto reside, por tanto, en el diseño de estas experiencias usando modelos 3D fotogrametrizados (gemelos digitales) para generar obras de arte que puedan ser incluidas en entornos virtuales accesibles mediante interfaces hápticas y estrategias de codificación computacional. Estos dispositivos tecnológicos (guantes hápticos cuyos mecanorreceptores vibran y establecen un sistema de retroalimentación básica en manos y dedos, así como motores de juego para simular entornos en el metaverso) son capaces de transformar información física visual en experiencias sensoriales alternativas perceptibles por las personas ciegas en un entorno de interacción individual en tiempo real.

1. Digitalización fotogramétrica y creación de modelos 3D: proceso de captura fotográfica. Creación de nube densa, malla, texturizado (reproyección de textura) en Capturing Reality y optimización del modelo en Blender, y obtención de modelos en formato obj.* o glb.*. y conversión posterior a 3D/NFT (Non Fungible Token).
2. Incorporación de propiedades hápticas (vibración) e ideaestéticas (auditivas) mediante software especializado: el modelo 3D será programado mediante Unreal Engine usando las propiedades de *Feedback Force* (Blueprints) para su integración con el dispositivo o hardware con retroalimentación de tacto. Para ello, se utilizarán guantes Manus 3 Haptic XR. Estos datos programados proporcionarán sensaciones táctiles que el usuario experimentará en su interacción con el gemelo digital.
3. Creación de la plataforma de visualización e interacción: en la que los usuarios puedan «visualizar» con las manos el 3D/NFT. Esta plataforma debe ser compatible con los dispositivos de retroalimentación háptica y capaz de renderizar un modelo 3D como este en tiempo real.
4. Blockchain y almacenamiento 3D/NFT: el objeto debe ser almacenado en una cadena de bloques (blockchain) que asegure su autenticidad y propiedad. Ej.: *Ethereum* o *Flow*. Todos estos datos propios del NFT deben incluir la información necesaria para las propiedades hápticas.
5. Interfaz de usuario y experiencia: debe ser intuitiva, permitiendo a los usuarios interactuar y experimentar el 3D/NFT de manera natural, efectiva y coherente.

La inclusión de estos gemelos digitales en plataformas NFT's (Non Fungible Tokens) ofrece, además, nuevas formas de propiedad y autenticidad digital, permitiendo una participación directa e inclusiva del colectivo de forma descentralizada y verificable.

Esta implementación garantiza la accesibilidad de los resultados, así como la educación ciudadana en cuanto a la verdadera inclusión en el metaverso de todas las personas sin importar su condición física o sensorial. Los 3D/NFT's con propiedades hápticas representan una interesante convergencia entre tecnologías computacionales emergentes (como la realidad virtual/metaverso), los dispositivos hápticos y las tecnologías de *blockchain*. Esto se configura no solo como una experiencia inmersiva y táctil más, sino que lleva el concepto de propiedad digital a un nuevo nivel que incluye a cualquier usuario interesado vidente o invidente.

Tabla 1.

Título de la tabla Etapas del proyecto

<p>Etapa 1. Preparación y Planificación (1-2 meses)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Establecimiento de la colaboración con Fundación ONCE, formalizando el acuerdo de colaboración y estableciendo el comité de supervisión conjunto (miembros del proyecto / Fundación). 2. Revisión de la literatura y marco teórico (ya realizado) y propuesta metodológica + herramientas de recopilación de datos (encuestas y cuestionarios pre y post experiencia, así como elaboración de guiones para las entrevistas y organización y planificación de grupos + observación directa.
<p>Etapa 2. Desarrollo de la tecnología y recursos (2-3 meses)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Creación de modelos 3D mediante fotogrametría digital (gemelos digitales) e integración de estos en los entornos virtuales específico (plataforma Sketchfab). 2. Desarrollo, programación e implementación de interfaces digitales y dispositivos tecnológicos (guantes) mediante Unreal Engine - Feedback Force - simulación de propiedades materiales por retroalimentación (mecanorreceptores hápticos) y programación sonido-color (ideaestesia tonal). 3. Integración de NFT's y Blockchain convirtiendo los modelos obtenidos en NFT's y creando la plataforma digital de exhibición accesible.
<p>Etapa 3. Pruebas piloto iniciales (1-2 meses)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selección de participantes y preparación de pruebas, identificando al grupo de usuarios ciegos (5-10) y preparando el escenario controlado para pruebas. 2. Pruebas de interacción con modelos 3D, interfaz háptica y NFT's, recopilando datos de funcionamiento mediante observación directa, encuestas y entrevistas al momento. 3. Análisis de los resultados iniciales y primeros ajustes con los que implementar mejoras rápidas a través del feedback recibido.
<p>Etapa 4. Testeo a mayor escala (3-4 meses)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reclutamiento de un grupo más amplio de usuarios ciegos (20-30 personas) con los que recopilar datos mediante encuestas experienciales y entrevistas en profundidad + observación directa. 2. Análisis de los datos y <i>feedback</i> continuo con los que poder realizar ajustes mayores.
<p>Etapa 5. Validación (2-3 meses)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Organización y formación de grupos de discusión entre el equipo de proyecto, los usuarios participantes y los expertos en accesibilidad de la Fundación Once. 2. Evaluar la usabilidad del dispositivo implementando herramientas de seguimiento y análisis de las experiencias comunicadas por los usuarios participantes + recolección de datos sobre duración de la interacción y los patrones de navegación individual y colectivo (propiocepción, subjetividad e intersubjetividad). 3. Análisis completo de los datos mediante software estadístico para evaluar las encuestas y los cuestionarios + análisis comparativos y modelos predictivos de mejora.

Etapa 6. Implementación y difusión de resultados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Integración en entornos museísticos reales y sus equivalentes virtuales (metaverso) asegurando su correcta integración en términos de accesibilidad. 2. Difusión de resultados y beneficios del propio proyecto en cuanto a promoción, acceso y propiedad de la cultura artística. 3. Publicación de resultados en revistas académico-científicas de impacto, así como organización de seminarios, conferencias y talleres especializados en los que realizar una revisión continua y mejora de los resultados con la intención de crear nuevos <i>feedback</i> y seguir avanzando en cuanto a experiencias accesibles <i>tech</i>.
---	--

Fuente: Elaboración propia (2024).

La museografía debe considerar el desarrollo de estrategias hápticas y auditivas utilizando dichos recursos para promover una experiencia estética completa y enriquecedora. Explorar, precisamente, la propiocepción del sujeto no visual en este ámbito busca integrar el diseño inclusivo de manera significativa. La evaluación constante y la retroalimentación de los usuarios será parte esencial de dicha metodología que nos ayudará a testear, mejorar, promover y redefinir el acceso, la propiedad y la autenticidad de la obra de arte en el ámbito físico y virtual democratizando el acceso a la cultura y fomentando una participación inclusiva en el ecosistema del mercado digital.

Para ello, se diseña una estrategia de recopilación estadística, que incluye una etapa de testeo exhaustivo de los recursos obtenidos tras la digitalización fotogramétrica de objetos artísticos-patrimoniales y su inclusión en la plataforma NFT, la cual nos ayudará a obtener una comprensión más amplia y multidimensional de las experiencias de los usuarios ciegos con los que interactuemos. Trabajar con Fundación Once sería una excelente opción para desarrollar y evaluar dicho proyecto, pues se trata de una organización con vasta experiencia en la puesta en marcha de proyectos relacionados con los conceptos de accesibilidad e inclusión.

Combinando estos métodos cuantitativos (cuestionarios y encuestas) y cualitativos (marco teórico sólido) se asegura un trabajo exhaustivo de campo en varias fases, cuyos resultados esperamos sean efectivos con el objetivo de mejorar la experiencia de inclusión de este colectivo en el ámbito artístico-cultural (tanto físico como virtual) independientemente de sus capacidades visuales.

4. Resultados (prospectivos) y discusión

Implementar este proyecto orientado a mejorar la accesibilidad de personas con discapacidad visual en contextos museísticos (físicos y virtuales) puede tener resultados significativos a nivel socio-cultural. Se promueve una mayor inclusión, permitiendo que este colectivo disfrute del arte plenamente. El desarrollo de herramientas tecnológicas inclusivas impulsa la experiencia activa del usuario invidente desde una perspectiva innovadora, con aplicaciones potenciales en otros campos, donde las interacciones táctiles avanzadas son esenciales para una mejora de la calidad de vida de estas personas.

La investigación en torno a estos dispositivos hápticos y la creación de modelos 3D/NFT's específicos para este colectivo (no excluyente) tiene un fuerte componente educativo y de sensibilización comunitaria. Al implementarlos en museos u otras instituciones culturales se promueve una mayor conciencia sobre las capacidades alternativas de dichas personas, fomentando una comprensión mucho más profunda y empática en lo que a su relación con el arte se refiere.

Esto supone un cambio positivo en cuanto a accesibilidad perceptiva e interacción significativa en el campo del arte. Este proyecto, de naturaleza inter y transdisciplinar, fomenta la colaboración entre diferentes disciplinas humanísticas y *Steam*, con el objetivo de involucrar de forma más efectiva a dichos colectivos en el mercado *blockchain*.

Estos resultados prospectivos serán difundidos a través de publicaciones en revistas académico-científicas de alto impacto y acceso abierto, así como en conferencias y talleres, garantizando que los hallazgos esperables sean conocidos y adoptados a nivel local, nacional e internacional, promoviendo, desde las instituciones pertinentes, prácticas museográficas más inclusivas, accesibles y descentralizadas. Todas estas reflexiones, no solo mejoraran la accesibilidad y la inclusión de dicho colectivo en el contexto museístico, sino que también impulsará innovaciones *tech* que enriquecerán las experiencias frente al artefacto artístico en el metaverso, fomentando la colaboración ciudadana y difundiendo conocimientos valiosos y potencias que influirán, seguro, en las políticas de los grandes organismos dedicados a la inclusión efectiva de todas las personas sin perjuicio de sus capacidades (ODS 10, que promueve la inclusión social, económica y política de todas las personas, independientemente de su edad, sexo, discapacidad, raza, etnia, origen, religión, situación económica u otra condición)¹.

5. Conclusiones

Implementar un proyecto como este es un desafío. Tiene sus riesgos, pero también sus oportunidades. Se trata de una iniciativa que busca mejorar la accesibilidad de personas con discapacidad visual en diferentes grados y en contextos museísticos/artísticos (tanto físicos como virtuales), con un impacto positivo y transformador de la sociedad altamente innovador e inclusivo. Hoy en día, tecnología y accesibilidad van de la mano. Este proyecto demuestra que, mediante el desarrollo de herramientas tecnológicas se pueden diseñar herramientas que permitan a las personas ciegas disfrutar y participar activamente en actividades culturales o artísticas que, hasta la fecha eran inaccesibles. La tecnología háptica, las estrategias ideaestéticas aplicadas y la creación de modelos 3D/NFT, interactivos en estos términos, hacen posible el derribo de barreras, fomentando una sociedad más equitativa y participativa.

Asimismo, este esquema de procesos no solo beneficia al colectivo, sino que también impulsa la innovación *tech* en general. Crear dispositivos hápticos avanzados y entornos virtuales accesibles donde participar y aplicar en múltiples campos, mejora la calidad de vida de muchas personas que ahora se sentirán integrados. Este proyecto destaca la importancia de la inter y la transdisciplinariedad en el desarrollo de soluciones tecnológicas en el marco del arte, el aprendizaje significativo y la reducción de desigualdades en el acceso a determinados planteamientos experienciales. El componente educativo y de sensibilización también es relevante, pues esta implementación de tecnologías promueve una mayor conciencia y comprensión sobre las necesidades y capacidades de las personas ciegas a la hora de experimentar el arte y tener una experiencia estético-formal a través de los sentidos alternativos a la visión. Esto no solo mejora la experiencia de estos visitantes, sino que también posibilita un intercambio de ideas en torno a lo que la percepción sensorial supone cuando estamos frente a un artefacto artístico (sea pintura, escultura, grabado, mural, arquitectura, etc).

La interacción con estos modelos a través del uso de guantes hápticos y otros dispositivos logra que el visitante ciego establezca una conexión emocional y cognitiva mucho más profunda con las obras de la exposición en la que se encuentre (en tiempo real).

¹ <https://estrategia2030.es/objetivo-10-reduccion-de-las-desigualdades/>

La participación, además, en el metaverso y la interacción con 3D/NFT accesibles representan un avance significativo en la inclusión digital. Es posible integrar a este colectivo en comunidades virtuales permitiéndoles entrar en contacto con el mercado *blockchain* de forma verificable y descentralizada.

Para concluir, se destaca la importancia de la difusión y la colaboración entre instituciones públicas y privadas, así como entre estas y la academia. Esto es absolutamente necesario para garantizar una amplia difusión de resultados que promuevan la adopción de prácticas inclusivas realmente efectivas en cualquiera de las instituciones culturales que dependan de una museografía a la altura de las circunstancias: la accesibilidad de personas ciegas a sus exposiciones, obras y colecciones. Además, la colaboración con organizaciones especializadas en dicho campo, como la Fundación ONCE, se vuelve crucial para el éxito y validación del proyecto. Con ello, se asegura de manera efectiva cubrir estas necesidades tan específicas en un contexto sociocultural tan importante como el actual. Nuestro objetivo, al final, es transformar la sociedad de forma positiva e impulsar la innovación tecnológica desde una perspectiva igualitaria e integradora.

6. Referencias

- Abdugafurova, I. L. (2024). Creating NFT Based on 3D Graphics in 3ds Max. *Science and Innovation International Scientific Journal*, 3(3), 90-96. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10875519>
- Anton Mlinar, I. (2015). Fenomenología y neurociencias: interacción y equívocos. *ÁGORA - Papeles de Filosofía*, 34(1), 223-236. <https://doi.org/10.15304/ag.34.1.1373>
- Arri, F. F. (2019). Leer con las manos. *InMediaciones de la Comunicación*, 14(1), 151-160. <https://doi.org/10.18861/ic.2019.14.1.2890>
- Ayukawa, C. (2021). *Creating inclusive Object narratives for accessible Museum exhibitions* [Tesis]. Carleton University.
- Ballesteros, S. (1993). Percepción háptica de objetos y patrones realzados: una revisión. *Psicothema*, 5(2), 311-321.
- Battán Horenstein, A. (2013). La centralidad de la noción de esquema corporal como quiasmo de espacio y movimiento. *Investigaciones Fenomenológicas*, 10, 15-32.
- Carrozzino, M. y Bergamasco, M. (2010). Beyond virtual museums: Experiencing immersive virtual reality in real museums. *Journal of Cultural Heritage*, 11(4), 452-458. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2010.04.001>
- Cho, J. D. (2021). A Study of Multi-Sensory Experience and Color Recognition in Visual Arts Appreciation of People with Visual Impairment. *Electronics*, 10, 1-37. <https://doi.org/10.3390/electronics10040470>
- Correa Silva, P. y González Quiroz, G. (2019). Paisaje táctil. Sobre la construcción háptica del paisaje. *Revista Cartográfica*, 99, 51-70. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i99.297>
- de la Jara Morales, I. (2022). Educación inclusiva en el contexto de museos. *Polyphōnía. Revista De Educación Inclusiva*, 6(1), 86-109. <http://revista.celei.cl/index.php/PREI/article/view/431>

- Diallo, S. y da Cruz Silva, A. (2016). *Do paradigma do ver ao do tocar. O devir háptico na criação artística contemporânea*. Universitat Politècnica de València.
- Díez, F. (2020). Los límites de una hermenéutica de lo inaparente y la percepción táctil. *Escritos de Filosofía*, 6, 1-11.
- Duan, H., Li, J., Fan, S., Lin, Z., Wu, X. y Cai, W. (20-24 de octubre de 2021). *Metaverse for Social Good: A University Campus Prototype*. En Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia (MM '21), evento virtual, China. ACM, New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1145/3474085.3479238>
- Espinosa Castañeda, R. y Medellín Castillo, H. I. (2022). Percepción táctil digital para enseñanza de personas con discapacidad visual. *Revista Prisma Social*, 36, 196-219. <https://revistaprismasocial.es/article/view/4583>
- Flores Hernández, L. (2019). Elementos para una fenomenología de la tactilidad desde el horizonte de la corporalidad. *Acta fenomenológica latinoamericana*, 6, 181-198.
- Fritz, J. P. y Barner, K. E. (1999). Design of a haptic data visualization system for people with visual impairments. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 7(3), 372-384. <https://doi.org/10.1109/86.788473>
- García-Moncó, Í. (2022). Praxis digital: Apuntes para una síntesis fenomenológica. *Argumentos de Razón Técnica*, 25, 255-274. <https://doi.org/10.12795/Argumentos/2022.i25.08>
- Hernández Cagua, B. S. (2017). El cuerpo y su papel en la cognición: una aproximación fenomenológica al cuerpo vivido. *Lúdica Pedagógica*, 26(II), 49-54. <https://doi.org/10.17227/ludica.num26-9423>
- Lee, D. K. C. y Lo, S. W. (2022). NFT of NFT: Is Our Imagination the Only Limitation of the Metaverse? *The JBBA*, 5(2), 1-4. [https://doi.org/10.31585/jbba-5-2-\(2\)2022](https://doi.org/10.31585/jbba-5-2-(2)2022)
- Martín Palomares, A. (2019/2020). *La experiencia sinestésica. Colores inducidos en el diseño y la arquitectura interior* [Tesis de doctorado]. Universitat Politècnica de València.
- Nikolic, D. (2016). Ideasthesia y el arte. En K. Gsöllpointner, R. Schnell y R. Schuler (Eds.), *Digital Synesthesia: A Model for the Aesthetics of Digital Art* (pp. 41-52). <https://doi.org/10.1515/9783110459937-006>
- Nikolic, D., Córdoba Serrano, M. S., Hubbard, E. M. y Day, S. (2009). *Is synaesthesia actually ideasthesia?* Actas del III Congreso Internacional de Sinestesia, Ciencia y Arte + actividades paralelas. Granada: Universidad de Granada.
- Pedulla, J. (2021). *El museo como punto de partida: estudio de transposiciones institucionales en nuevos*. IV Jornadas de Sociología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Pérez Bernal, R. (2019). Iconos hápticos: la representación del mundo perceptual de un invidente. *Línea Imaginaria*, 4(8), 15-34.

- Pita, J. M. y Tagliani, B. (octubre de 2017). *Territorio háptico. Arte a ciegas*. I Congreso Internacional de Enseñanza y Producción de las Artes en América Latina - CIEPAAL, La Plata, Argentina. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66053>
- Ramachandran, V. S. y Hubbard, E. M. (2001). Synaesthesia--a window into perception, thought and language. *Journal of Consciousness Studies*, 8(12), 3-34.
- Rojas Latorre, A. C. (2013). El cuerpo como fundamento de la experiencia estética. *Filosofía UIS*, 12(2), 69-87. <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistafilosofiauis/article/view/3675>
- Román Rivas, M. M. (2023). *Experiencias corpóreo-sensoriales de personas con ceguera adquirida* [Tesis doctoral]. Universidad de Ecuador.
- Roque-Martins, P. y Crespillo-Marí, L. (2023). O Grupo do Leão Una nueva Visualidad de Acceso: una propuesta metodológica en torno al uso de la realidad virtual en personas con discapacidad visual. *Arte Individuo y Sociedad*, 35(1), 29-51. <https://doi.org/10.5209/aris.80509>
- Rosello, M., Reyes, M., Sequeira, F. y Alonso, P. (2022/2023). La construcción de recorridos inclusivos con sentido en el espacio expositivo. *Cuaderno 177 | Centro de Estudios en Diseño y Comunicación*, 135-150. <https://doi.org/10.18682/cdc.vi177.8633>
- Sipán Neufuss, S. (2022). Los museos como primer paso a la inclusión ciudadana. *Limaq*, 10, 1-14.
- Soria, E. M. (2017). *Propuesta de un modelo de análisis teórico-crítico desde la perspectiva fenomenológica*. En VIII Encuentro de Docentes e Investigadores en Historia del Diseño, la Arquitectura y la Ciudad, Córdoba, Argentina.
- Travieso, D. (2007). Experiencia háptica y propioceptiva. *Estudios de Psicología*, 28(2), 141-153. <https://doi.org/10.1174/021093907780962917>
- Vaz, R. D. F. y Coelho, A. (2020). Blind and visually impaired visitors' experiences in museums: Increasing accessibility through assistive technologies. *The International Journal of the Inclusive Museum*, 13(2), 57-80. <https://doi.org/10.18848/1835-2014/CGP/v13i02/57-80>
- Vidal Martínez, C. M. (2020). *El color en los sueños de personas con y sin discapacidad visual: creencias y experiencias* [Tesis de doctorado]. Universidad de Murcia.
- vom Lehn, D. (2010). Discovering 'Experience-ables': Socially including visually impaired people in art museums. *Journal of Marketing Management*, 26(7-8), 749-769. <https://doi.org/10.1080/02672571003780155>

Agradecimientos: El presente texto nace en el marco del proyecto *Los NFT y el arte actual. Nuevos paradigmas y problemática del criptoarte en la era de la tecnología blockchain* del Plan propio de Transferencia y divulgación científica de la Universidad de Málaga. Ref: B3-2022_22 y el grupo de investigación HUM 283 (Universidad de Málaga).

AUTOR/ES:

Leticia Crespillo Marí

Universidad de Málaga, España.

Doctora en Historia del Arte (2015) y diplomada en Turismo (2009) por la UMA; Máster en Desarrollos Sociales de la Cultura Artística (UMA) y máster en Patrimonio Virtual por la Universidad de Alicante (2019-2020). Forma parte de varios proyectos de investigación dirigidos por la Dra. Nuria Rodríguez Ortega. Actualmente es Profesora Sustituta Interina en el departamento de Historia del Arte de la Universidad de Málaga. Especialista en virtualización del patrimonio y restauración virtual, trata temas relacionados con la cultura visual y las nuevas tecnologías en el ámbito del museo (realidad virtual y el 3D, recepción del arte y manifestaciones de carácter intangible, presencia, percepción, desarrollo emocional, coparticipación en la obra, psicología y fenomenología de la percepción individual).

lcrespillom@uma.es

Índice H: 2

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-8367-6580>

Scopus ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58166778700>

Google Scholar: <https://scholar.google.es/citations?user=OSK41XYAAAAJ&hl=es>

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Leticia-Crespillo-Mari>

Academia.edu: <https://uma.academia.edu/LeticiaCrespillo>