



**tsantsa**  
REVISTA DE INVESTIGACIONES ARTÍSTICAS

**UCUENCA**

FACULTAD  
DE ARTES /  
UNIVERSIDAD DE CUENCA

Nº 17 Año 2026

# Origami digital: del papel al código

Digital origami: from paper to code

**MARÍA ASENJO BEJARANO**

Universidad Complutense de Madrid (España)

<https://orcid.org/0009-0001-7320-2637>

[4fmasenjo@gmail.com](mailto:4fmasenjo@gmail.com)

Recibido: 05 de noviembre de 2025

Aceptado: 11 de febrero de 2026

## RESUMEN:

En *Origami digital del papel al código* se examina la redefinición de la papiroflexia japonés mediante Inteligencia Artificial (IA) y tecnologías web, explorando su transición de arte manual a un lenguaje artístico interactivo. Se propone un marco interdisciplinario que reformula conceptos como la autoría y la performatividad a través de la mediación computacional. Ejemplos como la grulla *Orizuru* de ROHM y los softwares de Tomohiro Tachi y Jun Mitani evidencian este cambio hacia la generación algorítmica. El estudio presenta un sistema experimental donde figuras digitales de origami, impulsadas por IA generativa, se adaptan a los rostros humanos en tiempo real. Este proceso establece la obra como un acto de co-creación humano-máquina. La investigación concluye que el origami digital no busca reemplazar la práctica tradicional, sino expandir sus posibilidades formales y conceptuales, demostrando cómo la programación puede funcionar como un material expresivo en la cultura digital.

**PALABRAS CLAVE:** Origami digital, Programación y tecnologías web, Arte generativo, Innovación tecnológica, Diseño computacional.

## ABSTRACT:

This project examines the redefinition of traditional Japanese origami through Artificial Intelligence (AI) and web technologies, exploring its transition from a manual art to an interactive artistic language. An interdisciplinary framework is proposed that reframes concepts such as authorship and performativity through computational mediation. Examples such as ROHM's Orizuru crane and the software of Tomohiro Tachi and Jun Mitani demonstrate this shift toward algorithmic generation. The paper presents an experimental system where digital origami figures, powered by generative AI, adapt to human faces in real time. This process establishes the work as an act of human-machine co-creation. The research concludes that digital origami does not seek to replace the traditional practice, but rather to expand its formal and conceptual possibilities, demonstrating how programming can function as an expressive material in digital culture.

**KEYWORDS:** Digital origami, Programming and web technologies, Generative art, Technological innovation, Computational design.



## 1. Introducción

En los últimos años, el desarrollo de nuevas tecnologías y, en particular, de la Inteligencia Artificial (IA), se ha inscrito en un marco de reflexión crítica que aborda sus implicaciones sociales, políticas y culturales. Un ejemplo paradigmático de esta perspectiva es la exposición *Máquinas Digitales* (2025), presentada por el grupo *LABoral* en el Centro de Arte y Creación Industrial de Gijón. Lejos de concebir lo digital como un espacio inmaterial, la muestra subraya la materialidad de internet y de la IA, sustentadas en la explotación de recursos naturales, en el trabajo humano y en complejas redes industriales. Las obras allí reunidas evidencian que los dispositivos tecnológicos no son únicamente herramientas de progreso, sino también sistemas de poder que modelan interacciones, economías y regímenes de conocimiento (Pallier, 2025).

En paralelo, el origami o papiroflexia, un arte tradicional japonés de plegado de papel, ha experimentado una transformación radical gracias a la incorporación de la IA y de las tecnologías web. Lo que en otro tiempo fue una práctica manual y artesanal se ha convertido en un lenguaje artístico expandido, capaz de redefinir conceptos como la autoría y la performatividad. Esta evolución no pretende sustituir el origami tradicional, sino ampliar sus posibilidades formales y conceptuales.

La integración de la IA ha facilitado la creación de nuevas herramientas y metodologías de diseño. Los softwares de Tomohiro Tachi y Jun Mitani, por ejemplo, permiten generar de forma algorítmica patrones de pliegue de gran complejidad. Asimismo, la empresa japonesa ROHM ha desarrollado la grulla voladora *Orizuru*, que combina tradición, robótica e impresión 3D para dar lugar a un dron funcional. En esta misma línea, las aplicaciones de la IA generativa han abierto el camino a la co-creación entre humanos y máquinas. Entre los experimentos más sugerentes se encuentran aquellos sistemas capaces de adaptar figuras digitales de origami a rostros humanos en tiempo real, lo que demuestra que la programación puede operar como un material expresivo dentro de la cultura digital.

Tanto en el ámbito del origami digital como en el de las nuevas infraestructuras tecnológicas emerge una preocupación compartida: la necesidad de repensar la relación entre creatividad, técnica y agencia. Por un lado, se subraya la urgencia de recuperar una capacidad crítica frente a la aceleración del cambio tecnológico; por otro, se exploran las posibilidades de colaboración y co-creación entre humanos y algoritmos. En ambos casos, la IA aparece como un catalizador de tensiones entre tradición y futuro, control y emancipación, explotación material y expansión estética.

Esta nueva etapa de la papiroflexia digital muestra cómo la tecnología no solo puede replicar, sino también potenciar y ampliar el alcance artístico de las formas tradicionales. Se abre así un horizonte en el que el código se convierte en material creativo y en el que arte y ciencia confluyen para imaginar nuevos modos de habitar lo digital.

## 2. Objetivos

El objetivo principal de esta investigación es analizar cómo la integración de la IA y las tecnologías digitales ha transformado el origami tradicional japonés, convirtiéndolo en un lenguaje artístico interactivo que amplía sus posibilidades formales, conceptuales y performativas.

Se busca explorar la evolución de la papiroflexia desde su práctica manual hacia procesos algorítmicos, generativos y robóticos, evaluando cómo estos avances modifican nociones de autoría, creatividad y performatividad.

Asimismo, se pretende estudiar las herramientas digitales y softwares desarrollados por expertos como Robert Lang, Tomohiro Tachi, Jun Mitani y Tung Ken Lam, así como plataformas de simulación como *Fold Mation* y *Origami Simulator*, para comprender su impacto en la generación de patrones complejos y la simulación del plegado en entornos tridimensionales.

La investigación también aborda casos de convergencia entre origami, robótica e impresión 3D, como la grulla voladora *Orizuru* de ROHM, y proyectos de arte interactivo como *Human Sensor*, para examinar cómo la tecnología permite que el papel y sus formas se conviertan en medios de interacción entre humanos, máquinas y entorno.

Finalmente, se reflexiona sobre la programación y los algoritmos como materiales expresivos dentro de la cultura digital, considerando su potencial para expandir los límites del origami tradicional y generar nuevas formas de interacción entre arte, ciencia y tecnología.

### 3. Metodología

Esta investigación adopta un enfoque metodológico cualitativo de carácter exploratorio y de revisión crítica, orientado a analizar la transformación del origami tradicional japonés mediante el uso de la IA, softwares especializados y tecnologías digitales.

Desde la perspectiva cualitativa, se desarrolla un estudio basado en análisis documental y revisión bibliográfica. Se examinan fuentes académicas, artículos especializados y material audiovisual sobre los avances en papiroflexia digital, incluyendo softwares como *TreeMaker*, *Origamizer*, *ORIPA*, *ORI-REVO* y *ORI-REF*, así como simuladores como *Fold Mation* y *Origami Simulator*. De manera complementaria, se analizan proyectos artísticos y tecnológicos como *Oribótica*, *Human Sensor* y la grulla voladora *Orizuru* de la empresa japonesa ROHM, con el fin de evaluar cómo la tecnología influye en la creación, la performatividad, la interacción humano-máquina y la redefinición de la autoría en el arte del plegado.

Este enfoque permite identificar patrones, procesos y tendencias, así como comprender las perspectivas de artistas y desarrolladores respecto al impacto de la IA en la práctica del origami, sin pretender establecer generalizaciones de tipo cuantitativo.

Asimismo, se plantea de forma exploratoria la posible incorporación de un componente experimental mediante la implementación de sistemas interactivos de papiroflexia digital que empleen IA generativa. Estos ensayos se conciben como pruebas de concepto orientadas a observar dinámicas de interacción y co-creación, más que como experimentos controlados. En ellos se estudian figuras digitales adaptables a rostros humanos en tiempo real, considerando la interacción, la precisión del plegado simulado y la capacidad de co-creación entre humanos y máquinas.

Esta fase se apoya en la observación directa y el análisis cualitativo de los resultados obtenidos, con el objetivo de explorar el potencial creativo y técnico de la IA en el proceso artístico, sin aspirar a una validación empírica generalizable.

El enfoque metodológico permite comprender tanto los aspectos técnicos y formales del origami digital como sus dimensiones conceptuales y sociales. La integración de estos métodos ofrece un panorama crítico sobre la transformación de la papiroflexia hacia un lenguaje artístico mediado por la tecnología, destacando su impacto en la creatividad, la interacción y la innovación en el arte contemporáneo.

#### 4. Entre el pliegue y el algoritmo

A lo largo de la historia, el ser humano ha otorgado gran relevancia a las pasiones y sensaciones, lo que ha dado lugar a diversas manifestaciones artísticas fruto de la experimentación y la interacción. En paralelo, la IA ha desarrollado métodos avanzados para la resolución de problemas lógicos y la interpretación de datos externos. Un hito temprano en este ámbito fue el programa *Logic Theorist* (1955–1956), utilizado para demostrar teoremas de lógica matemática (Dennis, 2025).

Lo que distingue al ser humano de las máquinas es su condicionamiento fisiológico, el cual moldea la experiencia emocional y se ve influido por normas sociales y culturales que configuran la identidad individual. En contraste, la IA opera a partir de datos proporcionados por los seres humanos para la ejecución de tareas y la toma de decisiones.

El impacto de la IA también se ha hecho evidente en el arte del origami. Herramientas como *DALL·E*, *Craiyon* y *Stable Diffusion* permiten generar representaciones gráficas de papiroflexia a partir de descripciones textuales. En este contexto, el matemático y origamista Tung Ken Lam empleó IA para crear un elefante de origami (Figura 1). Sus observaciones mostraron que la calidad de los resultados depende tanto de la cantidad como de la calidad de los datos empleados. No obstante, Lam identificó limitaciones significativas, especialmente en la representación de formas humanas (Lam, 2022b).



**Figura 1.** *Origami elephant*

Nota: Adaptado de *Origami elephant*, [Inteligencia Artificial], por Tung Ken Lam, (2022), Tung Ken Lam web (<https://www.foldworks.net/photographs-of-imaginary-origami/>).

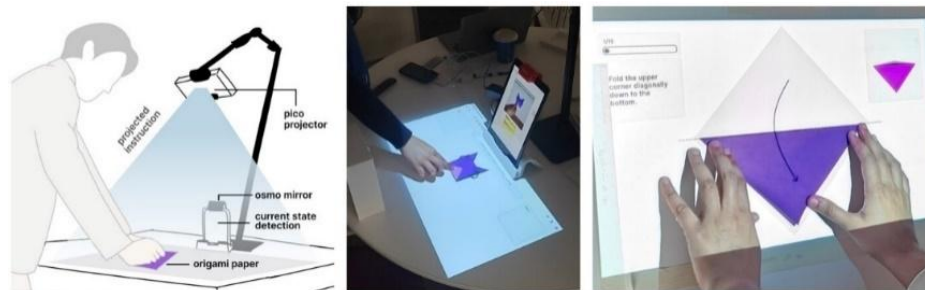
Si bien reconoce a la IA como un recurso valioso para la creatividad, también cuestiona su verdadero impacto social, ya que su uso podría disminuir la valoración del trabajo de artistas e ilustradores, reemplazando el pago por su obra con la posibilidad de generar imágenes aceptables en cuestión de minutos mediante IA.

A su vez, la IA plantea desafíos medioambientales. La proliferación de centros de datos que sostienen sus sistemas genera desechos electrónicos, consume grandes cantidades de agua —cada vez más escasa—, depende de minerales críticos obtenidos muchas veces de forma insostenible y utiliza enormes volúmenes de electricidad, lo que incrementa las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuye al calentamiento global (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2024).

Sin embargo, de manera análoga, plantea cómo la fotografía transformó la pintura, dando lugar a movimientos como el impresionismo y el surrealismo, la IA podría generar un cambio profundo en la percepción y producción artística.

Un caso notable es el proyecto *Origami Sensei: A Mixed Reality AI-Assistant* (Figura 2), que representa un avance notable en la integración de IA con tecnologías de realidad mixta (MR). Estas fusionan el mundo físico con el digital, permitiendo que objetos virtuales interactúen en tiempo real con el entorno del usuario. El sistema está diseñado para asistir a principiantes en la creación de figuras de papiroflexia, ofreciendo instrucciones paso a paso con retroalimentación proyectada directamente sobre el espacio de trabajo. Esto posibilita ajustes inmediatos antes de avanzar al siguiente pliegue (Chen et al., 2025).

La IA constituye una herramienta poderosa que amplía las posibilidades creativas y educativas en el arte, como se observa en el origami. Sin embargo, su implementación también plantea desafíos sociales, culturales, éticos y medioambientales que requieren un análisis crítico. El reto consiste en encontrar un equilibrio entre la innovación tecnológica y la preservación de la creatividad, la valoración artística y la experiencia humana.



**Figura 2.** *Origami Sensei, a mixed-reality system that assists beginners in creating origami by providing step-by-step instructions in real-time.*

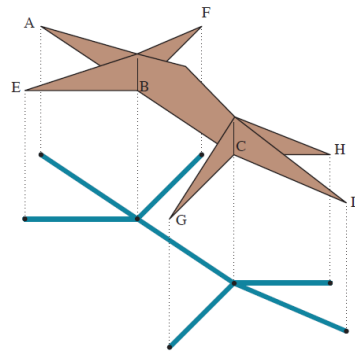
Nota: Adaptado de *Origami Sensei, a mixed-reality system that assists beginners in creating origami by providing step-by-step instructions in real-time*, [realidad mixta], por Qiyu Chen et.al, (2025), ACM Digital Library (<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3706598.3714099>).

## 5. Pioneros de la papiroflexia digital

El desarrollo de la papiroflexia como disciplina técnica y nuevas tecnologías ha avanzado significativamente gracias a la interacción entre la creatividad humana, las matemáticas y la informática. A finales del siglo XX y principios del XXI, investigadores y artistas han llevado el plegado de papel más allá de su dimensión tradicional, aplicando principios geométricos y algoritmos computacionales para diseñar estructuras cada vez más complejas y tridimensionales. Entre los pioneros destacan los origamistas Robert J. Lang, Tomohiro Tachi y Jun Mitani, cuyas contribuciones han transformado el origami en un campo interdisciplinario que conecta arte, ingeniería, diseño y tecnología. A continuación, se describe cada una de sus aportaciones:

### 5.1 Robert Lang, *TreeMaker*, 1990

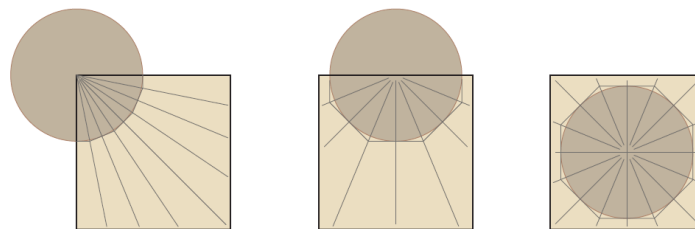
En 1989 el físico americano Robert J. Lang planteó la posibilidad de que una computadora pudiera diseñar origami. Esa especulación se hizo realidad en la década de 1990 con la creación de *TreeMaker*, un programa capaz de generar patrones de pliegues a partir de una figura de palitos o árbol, en términos de la teoría de grafos. Este enfoque utiliza un esquema arbóreo para representar cada apéndice —brazos, patas, alas, etcétera— de un modelo (Figura 3). La longitud de cada rama es proporcional al tamaño del apéndice final, lo que permite planificar y construir figuras con gran precisión.



**Figura 3.** *Schematic of a hypothetical uniaxial base for an animal with four legs, a head, body, and tail.*

Nota: Adaptado de *Schematic of a hypothetical uniaxial base for an animal with four legs, a head, body, and tail. It's a uniaxial base if it can be manipulated so that all of the flaps lie in a common plane and all of the layers are perpendicular to the plane. The shadow of the base consists entirely of lines*, (p. 403), por Robert J. Lang, 2012. CRC Press.

En sus primeras versiones *TreeMaker* era poco más que una curiosidad matemática. Apenas resolvía el problema del empaquetamiento de círculos (Figura 4), una técnica de diseño en papiroflexia que consiste en organizar círculos o ríos de distintos tamaños dentro de una superficie sin superponerse. Aunque los pliegues del origami son lineales, este método puede adaptarse conectando los bordes de los círculos mediante líneas rectas, lo que genera patrones complejos (Lang, 2011).



**Figura 4.** *All three types of flaps can be represented by a circle if we allow the circle to overlap the edges of the square.*

Nota: Adaptado de *All three types of flaps can be represented by a circle if we allow the circle to overlap the edges of the square*, (p. 295), por Robert J. Lang, 2012. CRC Press.

En 1998 apareció *TreeMaker 4*, que incorporó un potente código de optimización. Gracias a ello, pasó de ser una herramienta teórica a un recurso práctico, capaz de calcular patrones completos mucho más elaborados que los que podían diseñarse manualmente. El desafío, sin embargo, seguía siendo el mismo: plegar físicamente esos diseños, a menudo extremadamente difíciles. Aun así, *TreeMaker* se consolidó como una herramienta valiosa de prototipado rápido, permitiendo explorar y comparar distintas configuraciones de solapas antes de definir un diseño final. Entre los modelos que no habrían sido posibles sin él destacan el *Scorpion varileg* (Figura 5) y el *White-Tailed Deer*.



**Figura 5.** *Scorpion varileg, Opus 379.*

Nota: Adaptado de *Scorpion varileg, Opus 379*, [origami], por Robert J. Lang, (2003), Robert J. Lang Origami (<https://langorigami.com/artwork/scorpion-varileg-opus-379/>).

A partir de 2003 comenzó el desarrollo de *TreeMaker 5*, en colaboración con el matemático canadiense Erik Demaine y el artista canadiense Martin Demaine. El objetivo era resolver el problema de la asignación completa de pliegues —distinguir automáticamente entre montaña y valle— y, al mismo tiempo, poner a prueba la validez de los algoritmos de la teoría de árboles.

En 2005 se alcanzó un hito: se implementó un algoritmo capaz de calcular patrones de pliegue completos, se migró la interfaz a la biblioteca multiplataforma *wxWidgets* y se publicó el código completo, aprovechando el enorme aumento en la velocidad de cálculo numérico de la última década. *TreeMaker 5* incorporó además nuevas funciones como un Inspector para editar diseños, la posibilidad de imponer simetrías en bases y patrones, y el cálculo automático de pliegues. Con ello se consolidó como una herramienta multiplataforma y de código abierto para el diseño avanzado de origami (Lang, 2015).

---

7

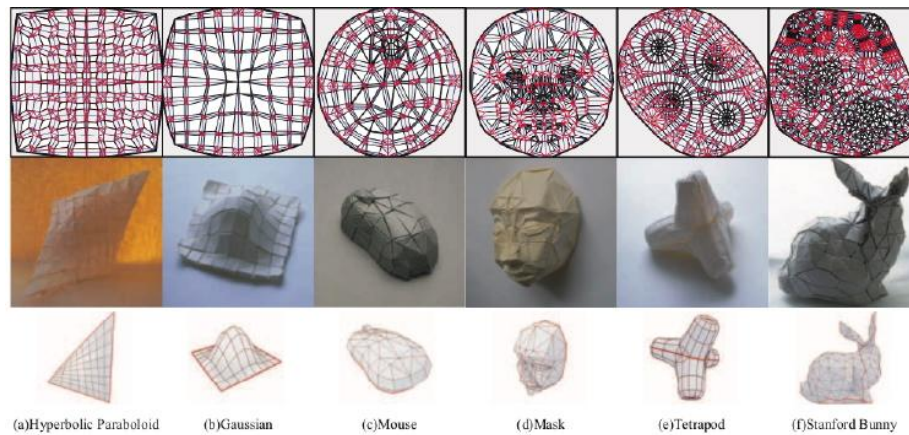
## 5.2 Tomohiro Tachi, —*Origamizer, Freeform Origami y Rigid Origami Simulator*—, 2007

El ingeniero mecánico japonés Tomohiro Tachi, profesor en la Universidad de Tokio, es reconocido mundialmente por fusionar arte y ciencia en la creación de estructuras tridimensionales basadas en papiroflexia. Su trabajo ha revolucionado la manera en que se entiende y aplica el plegado, combinando la estética del papel con el rigor de la ingeniería.

Entre sus aportes más destacados se encuentra el desarrollo, junto a Erik Demaine, de *Origamizer* (Figura 6), un software de diseño de origami 3D capaz de generar patrones de pliegue que permiten formar cualquier poliedro específico (Demaine & Tachi, 2017). También creó *Freeform Origami*, que ofrece una experiencia interactiva al permitir a los usuarios manipular formas mientras se modifica automáticamente el patrón de pliegues, y el *Rigid Origami Simulator*, diseñado para simular la cinemática de la papiroflexia rígida a partir de un patrón inicial. Todas estas herramientas comparten un mismo principio: representar en un plano las líneas de valle y montaña, para luego calcular la transformación progresiva de la superficie plana en un objeto tridimensional. Además, Tachi ha desarrollado aplicaciones inversas que permiten desplegar volúmenes 3D en patrones planos.

Su contribución al campo del origami incluye también la aplicación del pliegue de *Miura*, un sistema geométrico de gran eficiencia para crear superficies plegables. Este enfoque le ha permitido trasladar las técnicas del papel a estructuras a gran escala, como instalaciones arquitectónicas y diseños en acero, demostrando que los principios de la papiroflexia son aplicables en materiales complejos y dimensiones monumentales.

Gracias a esta visión, Tachi se ha consolidado como una figura clave en la intersección entre arte, ingeniería y diseño, llevando el origami a nuevas fronteras dentro de la arquitectura, la tecnología y la investigación científica (Tachi, s. f.).



**Figura 6.** *Origami realizado con el software Origamizer.*

Nota: Adaptado de *Origami realizado con el software Origamizer*, (pp. 298–311), por Tomohiro Tachi, 2010. Artículo en *Origamizing polyhedral surfaces*. IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.

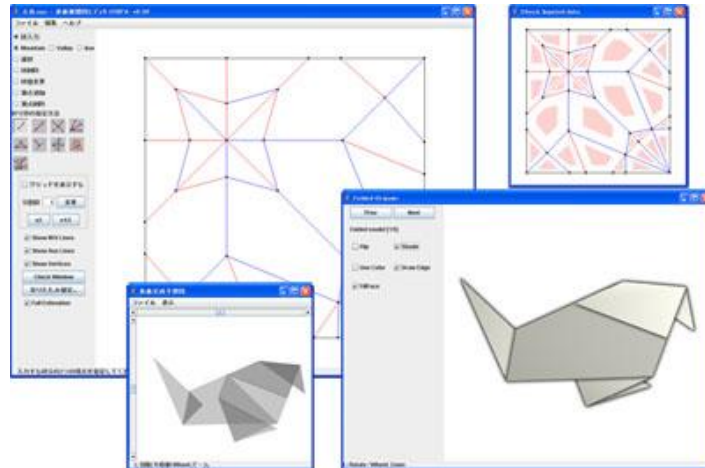
### 5.3 Jun Mitani, —*ORIPA, ORI-REVO, ORI-REVO-MORPH y ORI-REF*—, 2005

El profesor japonés de Información y Sistemas Jun Mitani centra su investigación en la infografía, con especial interés en las técnicas de modelado geométrico y su aplicación al diseño de la papiroflexia. Su obra se distingue por la creación de formas tridimensionales con superficies curvas y suaves, alejándose del tradicional plegado angular. Entre sus publicaciones más influyentes destacan *3D Origami Art* y *Curved Origami Design*.

En 2010 participó en un intercambio con el diseñador japonés Issey Miyake y contribuyó al lanzamiento de la marca de moda 132.5, donde con la ayuda de un programa informático transformó una pieza de tela de dos dimensiones en formas geométricas (Macho, 2012). También colaboró en la creación de piezas utilizadas en las películas *Shin Godzilla* (2016) y *Death Note: Light Up the NEW World* (2016).

En el ámbito del software desarrolló *ORIPA* (Figura 7), un programa para diseñar patrones de pliegue que permite calcular la forma plegada a partir de un patrón, aunque limitado a pliegues planos. Posteriormente creó *ORI-REVO*, basado en superficies de revolución, con el que se pueden diseñar envases y estructuras de superficies curvas. Más tarde presentó *ORI-REVO-MORPH*, una versión capaz de mostrar animaciones de plegado y desplegado de modelos tridimensionales mediante la modificación continua de las líneas de pliegue sin alterar la forma de la hoja. Finalmente desarrolló *ORI-REF*, que facilita el diseño de origamis curvos a partir de superficies simples como cilindros o conos mediante una interfaz intuitiva de arrastre.

El trabajo de Mitani ha alcanzado gran proyección internacional y le ha valido invitaciones para impartir talleres y exponer en países como Alemania, Suiza, Italia e Israel. Su estilo singular, basado en pliegues curvos y superficies suaves, ha tenido un fuerte impacto en la relación entre arte y tecnología, e incluso inspiró el diseño del trofeo al Jugador del Partido en la Copa Mundial de Rugby 2019 (Mitani, s. f.).



**Figura 7.** *ORIPA*.

Nota: Adaptado de *Oripa*, [software origami], por Jun Mitani, (2005), Jun Mitani Web Oficial (<https://mitani.cs.tsukuba.ac.jp/oripa/>).

## 6. Simulación y programación en origami digital

Como se ha demostrado, el origami digital ha despertado un gran interés en las últimas décadas, dando lugar a numerosas aplicaciones que exploran tanto su dimensión artística como su potencial educativo, científico e industrial. Aunque en este campo destacan desarrollos ampliamente conocidos como *TreeMaker* u *Origamizer*, también existen propuestas menos difundidas que merecen atención por su innovación y enfoque particular en la simulación. Entre ellas se encuentran el trabajo educativo y matemático de Tung Ken Lam con el software libre *GeoGebra*; otra es *Origami Simulator*, de Amanda Ghassaei, reconocida por la precisión de sus simulaciones físicas; y la reciente herramienta *FoldMation*, que introduce un lenguaje de programación específico para describir pliegues de manera estructurada y paso a paso. Estas iniciativas abren una nueva vía dentro del origami contemporáneo, integrando arte, tecnología y educación en un mismo espacio creativo. A continuación, se detallan cada una de ellas:

### 6.1 Tung Ken Lam, *GeoGebra*, 2021

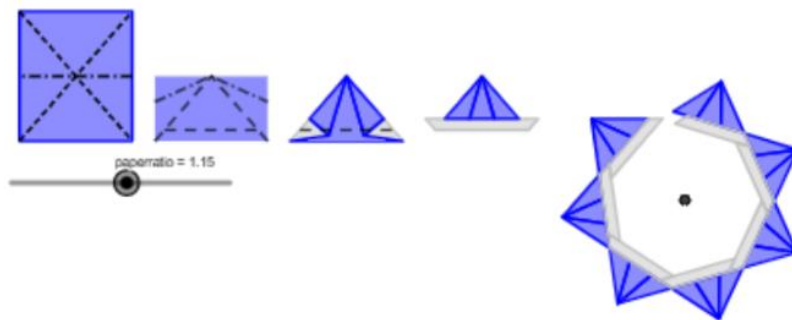
Tung Ken Lam es creador y profesor japonés de origami, reconocido por obras como *WXYZ* y *Jitterbug*. Es autor del libro *Acción Modular Origami para Intrigar y Deleitar* y coautor de *Aprender Matemáticas con Origami*. A lo largo de su carrera, Lam ha impartido clases y presentado su trabajo en países como Francia, Italia, Suecia, Japón y Estados Unidos, organizando numerosos eventos dirigidos a docentes, estudiantes y público general. Entre sus clientes se encuentran instituciones y empresas como *Honda*, *EuroStemCell*, la Biblioteca *Bodleiana* y *Bletchley Park*.

Como origamista y matemático, Tung Ken Lam utiliza el software libre *GeoGebra* para diseñar, dibujar y animar origami. Con esta herramienta, puede explorar variaciones proporcionales del rectángulo para crear estrellas, corrugaciones tipo bomba de agua en 3D e incluso simular el doblado virtual de esquinas. De este modo, el origami se convierte en un recurso no solo artístico, sino también educativo y de investigación en matemáticas, ciencias e ingeniería.

Un área de especial interés es el estudio de corrugaciones y teselaciones de la papiroflexia, desarrolladas por pioneros origamistas como Shuzo Fujimoto, David Huffman, Yoshihide Momotani y Ron Resch. Estas estructuras muestran cómo el plegado de papel puede generar formas complejas a partir de geometrías simples y son especialmente útiles para la

educación, al permitir experimentar con conceptos matemáticos y geométricos de manera tangible y visual.

Por ejemplo, la simulación de plegado en *GeoGebra* (Figura 8) permite animaciones hipnóticas mediante transformaciones geométricas como reflexión, rotación y traslación, mostrando el poder de las matemáticas aplicadas al origami. La ondulación del papel, desarrollada por Shuzo Fujimoto y otros, utiliza geometrías basadas en ángulos de 60 grados, aunque es posible generalizarla a otras configuraciones. Al intentar reproducir este movimiento con papel o cartón fino, se aprecia la dificultad física de la tarea, lo que a su vez plantea interesantes preguntas sobre las propiedades del material y la geometría del plegado (Lam, 2021, 2022a).



**Figura 8.** *Boat Unit*.

Nota: Adaptado de *Boat Unit*, [geogebra], por Tung Ken Lam, (2021), Tung Ken Lam web (<https://www.foldworks.net/using-geogebra-for-origami/>).

## 6.2 Amanda Ghassaei, *Origami simulator*, 2017

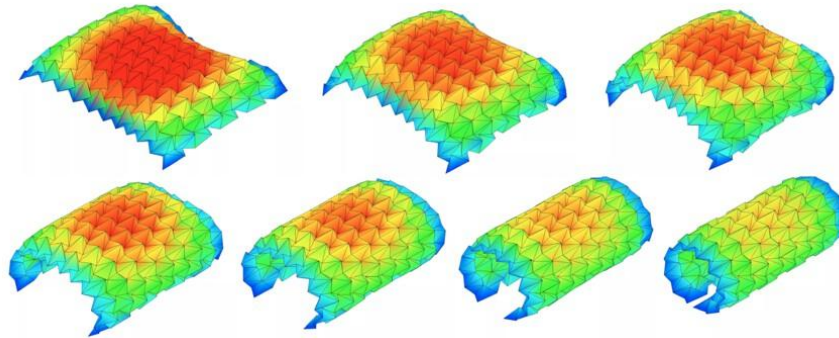
Amanda Ghassaei es una ingeniera y diseñadora estadounidense. Su trabajo se centra en herramientas computacionales para aplicaciones creativas, explorando simulaciones físicas en tiempo real, fabricación digital y diseño generativo. Actualmente trabaja en *PackCAD*, un entorno de modelado 3D basado en web para aplicaciones de plegado de origami en embalaje, ingeniería y fabricación.

Anteriormente, Ghassaei se desempeñó como ingeniera de investigación en el Laboratorio de Inteligencia Creativa de Adobe y como ingeniera de software y editora asistente en *Instructables.com*, en el taller Pier 9 de Autodesk. Obtuvo su maestría en el Centro de Bits y Átomos del MIT Media Lab en 2017 y su licenciatura en Física en Pomona College en 2011.

Entre sus desarrollos destaca el *Origami Simulator* (Figura 9), una aplicación basada en WebGL que permite simular el plegado de cualquier patrón de papiroflexia. A diferencia del origami tradicional, que se realiza paso a paso, esta simulación aplica todos los pliegues simultáneamente, resolviendo iterativamente pequeños desplazamientos en la geometría de una hoja plana debido a las fuerzas de los pliegues. El simulador calcula la geometría de la papiroflexia plegada o parcialmente plegada mediante un solucionador dinámico acelerado por GPU, y ofrece un modo de realidad virtual inmersivo e interactivo mediante WebVR.

Los patrones se cargan en formatos SVG o FOLD, y se modelan como redes de celosía con restricciones de distancia y ángulo que controlan el plegado. La aplicación también permite visualizar la deformación de *Cauchy*, mostrando el estiramiento o compresión de la lámina mediante un esquema de colores.

Además, Ghassaei ha desarrollado simulaciones de pliegues curvos, discretizados en segmentos rectos, que permiten crear formas más orgánicas y complejas, integrando técnicas avanzadas de origami. También trabaja con *kirigami*, una variante artística de la papiroflexia que combina corte y plegado —derivado de las palabras japonesas *kiri* (cortar) y *gami* (papel)— fusionando creatividad, precisión y funcionalidad (Ghassaei, 2017).



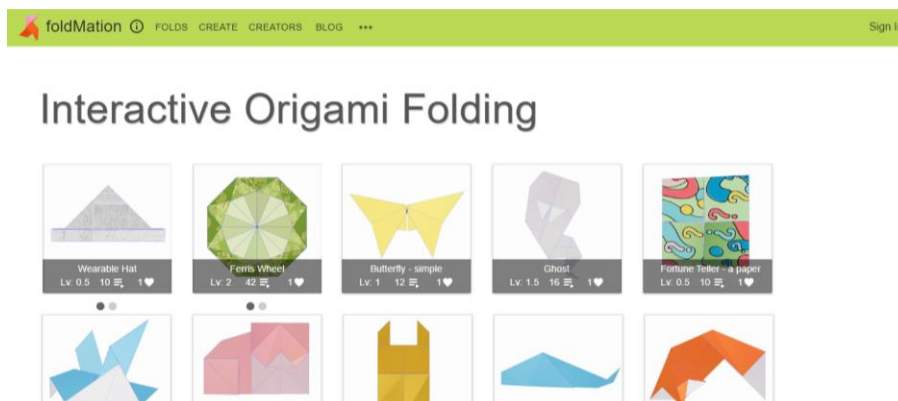
**Figura 9.** *Origami simulator*.

Nota: Adaptado de *Origami simulator*, [aplicación basada en WebGL], por Amanda Ghassaei, (2017), Amanda Ghassaei web ([https://amandaghassaei.com/projects/origami\\_simulator/](https://amandaghassaei.com/projects/origami_simulator/)).

### 6.3 John, *FoldMation*, s.f.

*FoldMation* (Figura 10) es una aplicación creada bajo el alias de John que revoluciona el origami digital. A diferencia de los simuladores tradicionales basados en arrastrar esquinas, permite describir pliegues de forma precisa y paso a paso gracias a un lenguaje específico de dominio (DSL) llamado *mation-spec*, disponible en código abierto.

La herramienta combina interactividad, claridad y facilidad de uso, ofreciendo beneficios tanto a estudiantes como a creadores. Para los primeros, proporciona una experiencia más rica que los videos tradicionales, con control sobre la secuencia y la perspectiva. Para los segundos, elimina la necesidad de producir costosos tutoriales grabados, permitiendo generar instrucciones reutilizables y dinámicas.



**Figura 10.** *FoldMation*.

Nota: Adaptado de *FoldMation*, [aplicación y diseño online], por John, (s.f.), FoldMation web (<https://foldmation.com/>).

*FoldMation* ya simula pliegues complejos como el aplastado, el pétalo o el de oreja de conejo, y se perfila como la primera herramienta capaz de representar estos procesos de forma algorítmica y educativa. Además de fomentar la creatividad, ayuda a niños y principiantes a desarrollar habilidades espaciales y de programación.

El proyecto ha resuelto gran parte de sus retos técnicos, aunque continúa en desarrollo, con la comunidad como pieza clave para su evolución. La visión de John y su equipo es construir una plataforma accesible, educativa y colaborativa que convierta al origami en un lenguaje digital programable (John, s. f.).

## 7. Innovaciones tecnológicas de la papiroflexia

Aunque se ha observado que el desarrollo de la papiroflexia en nuevas tecnologías se ha centrado principalmente en aplicaciones y software, cabe destacar que este arte milenario ha trascendido para integrarse con diversas disciplinas, como la robótica, la arquitectura, la tecnología digital y las artes performativas. Hoy en día, distintos proyectos muestran cómo los principios del plegado pueden aplicarse de manera innovadora, generando experiencias estéticas, educativas y sensoriales únicas. Desde la creación de robots plegables que responden a estímulos lumínicos hasta simulaciones arquitectónicas mediante algoritmos, drones inspirados en el origami y performances interactivas que incorporan el cuerpo humano como sensor, la papiroflexia contemporánea se manifiesta como un terreno interdisciplinario donde arte, ciencia y tecnología convergen. A continuación, se describen algunas de estas disciplinas.

### 7.1 Matthew Gardiner, *Oribotica*, 2009

La iluminación en papel ha dado paso a la *oribótica* (Figura 11), una disciplina que fusiona el origami con la robótica. Este campo fue iniciado por Matthew Gardiner en 2002 con animaciones interactivas de origami, y en 2009 adoptó el nombre con el que se le conoce hoy. Su trabajo evolucionó hacia la creación de robots plegables equipados con sensores lumínicos, capaces de responder a su entorno. En una instalación en la Universidad de Melbourne, los *Oribots* reaccionaban a la luz ambiental, estableciendo un puente entre arte, tecnología y naturaleza.



**Figura 11.** *Oribótica*

Nota: Adaptado de *Oribótica*, [origami y robótica], Matthew Gardiner, (2010), Festival Ars Electronica 2010 ([https://matthewgardiner.net/art/Oribotics\\_futurelab](https://matthewgardiner.net/art/Oribotics_futurelab)).

Gardiner se centra en la activación de materiales programados para plegarse, como el papel y los tejidos sintéticos, mediante patrones diseñados para permitir movimientos repetitivos y controlados. Sus primeros experimentos utilizaron *LEGO Mindstorms* en 2003, pero a partir de 2010 incorporó piezas personalizadas fabricadas con impresión 3D, dando lugar a cinco generaciones de *Oribots*. Uno de los hitos más destacados de esta trayectoria fue su exhibición en el *Festival Ars Electronica 2010* en Linz, Austria.

A lo largo de sus investigaciones, Gardiner comprobó que la tela de poliéster superaba al papel como material para aplicaciones *oribóticas*, ofreciendo mayor resistencia a los ciclos de plegado y desplegado. Inspirado en la geometría de las hojas naturales y en la endoprótesis vascular desarrollada por Zhong You, diseñó patrones de pliegue innovadores, como el *WB75*, que utiliza una escala del 75% en pliegues radiales. Con el tiempo, la interacción con los *Oribots* ha evolucionado hasta permitir respuestas a estímulos humanos, como el movimiento de una mano, generando efectos visuales dinámicos en cadena y ampliando el diálogo entre personas, objetos y entorno (Gardiner, 2009, 2011).

## 7.2 Michael Hansmeyer, *Subdivided Columns*, 2011

El plegado, el origami y la arquitectura comparten una conexión profunda, ya que en los tres casos se trata de transformar una superficie plana en una forma tridimensional. Esta relación se ha visto potenciada por la incorporación de tecnología digital, especialmente mediante algoritmos y teorías físicas, que han elevado estas disciplinas a un nivel completamente nuevo.



**Figura 12.** *Subdivided Columns*

Nota: Adaptado de *Subdivided Columns*, [láminas fresadas], Michael Hansmeyer, (2011), Michael Hansmeyer web (<https://michael-hansmeyer.com/subdivided-columns.html>).

Aunque el software en arquitectura existe desde hace más de cuarenta años, hoy los algoritmos se han consolidado como herramientas fundamentales para el diseño. Este enfoque permite superar las limitaciones de los métodos tradicionales —papel, lápiz o trabajo manual— y abre nuevas posibilidades para crear estructuras antes inimaginables. El detalle alcanzado con estas técnicas permite generar formas con una complejidad comparable a la de sistemas naturales.

Un proyecto paradigmático es la propuesta del arquitecto Michael Hansmeyer, quien en su charla TED de 2012 *Subdivided Columns* (Figura 12) mostró cómo utilizó algoritmos para generar columnas inspiradas en los principios del plegado y la papiroflexia. Basándose en formas microscópicas de la biología, Hansmeyer produjo columnas de riqueza ornamental extraordinaria, con pliegues tan minuciosos que serían prácticamente imposibles de realizar

a mano. Mientras que su construcción manual habría requerido meses de trabajo, los algoritmos permitieron crearlas en un tiempo mucho menor, desafiando los límites físicos y conceptuales del diseño y la construcción tradicionales (Hansmeyer, 2012).

### 7.3 Lapis Semiconductor, *Orizuru*, 2015

Las nuevas tecnologías han transformado el arte contemporáneo, y herramientas como los drones permiten explorar perspectivas inéditas y crear obras innovadoras. Además de ofrecer vistas únicas y trabajar a distintas alturas, estas tecnologías inspiran nuevas formas de expresión y pueden integrarse en la cultura popular.

Un ejemplo destacado es el *Orizuru* (Figura 13), un drone desarrollado por la empresa japonesa *Lapis Semiconductor*, inspirado en el ancestral arte del origami. Su construcción combina plegado tradicional con impresión 3D, utilizada para fabricar el esqueleto del dron con filamentos de nylon. Este proyecto demuestra cómo las aplicaciones tecnológicas pueden desempeñar un papel trascendental en la creación artística contemporánea (Minuto uno, 2015).



**Figura 13.** *Orizuru*.

Nota: Adaptado de *Orizuru*, [papel y motor], por ROHM, (2015), Tomado (<https://www.soy502.com/articulo/japon-hacen-drones-origami>).

### 7.4 Kasia Molga, Ricardo O’Nascimento y Erik Overmeire, *Human Sensor*, 2016

El origami también ha encontrado expresión en performances interactivas. Un ejemplo notable es *Human Sensor* (Figura 14), creado por los artistas Kasia Molga, Ricardo O’Nascimento y Erik Overmeire, presentado entre 2016 y 2019. La obra utiliza la respiración como eje central para conectar el entorno con el cuerpo humano, transformando al espectador en un sensor vivo que refleja tanto la calidad ambiental como la salud personal.

El proyecto busca visibilizar a personas con enfermedades respiratorias, como la EPOC y el asma, y alertar sobre la contaminación urbana, intensificada por el crecimiento industrial y el calentamiento global. La escasa información accesible sobre la calidad del aire hace que este proyecto sea especialmente relevante, recordando que respirar es esencial y dependemos del aire que nos rodea.

*Human Sensor* se compone de dos elementos: un vestido que se activa con la respiración, respondiendo en tiempo real al ritmo respiratorio y a los cambios químicos del aire; y una performance, que se interpreta como una narración del aire, escrita por nuestra respiración y traducida mediante estos vestuarios portátiles, llevados por personas cuya salud se ve directamente afectada por el cambio climático (Molga, 2016).



**Figura 14.** *Human Sensor*.

Nota: Adaptado de *Human Sensor*, [origami y tecnología], varios autores, (2016-2019), Studio Molga ([https://www.studiomolga.com/art\\_HS.html](https://www.studiomolga.com/art_HS.html)).

### 7.5 Propuesta personal: María Asenjo Bejarano, *Webcam con el rostro tapado*, 2025

Mi investigación artística, titulada *Webcam con el rostro tapado*, comenzada en 2025 y aún en desarrollo, explora una reinterpretación digital del origami mediante códigos HTML, CSS, SVG y JavaScript, apoyada en herramientas como *Visual Studio Code*, *Mozilla Developer Tools*, *Adobe Color* e IAs (*ChatGPT* y *Google Gemini*).

Se inició con prototipos simples en *CSS* y *SVG*, evolucionando hacia una grulla digital poligonal “plegada por código”. Posteriormente, se incorporaron animaciones como flotar o volar y páginas interactivas con múltiples figuras.

El proyecto avanzó hacia la integración con la *webcam*, creando piezas interactivas que combinaban transmisiones en vivo.



**Figura 15.** *Webcam con el rostro tapado*.

Nota: Adaptado de *Webcam con el rostro tapado*, [origami y tecnología], María Asenjo Bejarano, (2025), Elaboración propia.

Finalmente, se exploró la detección facial con la biblioteca *face-api.js*, aplicando polígonos, imágenes, etcétera (Figura 15), que reaccionaban a emociones, edad y género en tiempo real, convirtiendo el rostro en un lienzo dinámico para el origami digital. Con todo, esta investigación todavía está en proceso de creación o evolución.

## 8. Discusión

El presente análisis se enmarca en el campo del arte generativo y de la creatividad asistida por IA, donde la obra emerge de la interacción entre sistemas algorítmicos y la agencia humana. En este contexto, la mediación tecnológica no solo actúa como herramienta, sino como co-agente en el proceso creativo, lo que obliga a reconsiderar la noción de autoría. La producción artística deja de responder a un modelo individual para situarse en un sistema distribuido, donde intervienen programadores, artistas, datasets y algoritmos. Esta condición híbrida introduce una autoría difusa, en la que resulta complejo delimitar la responsabilidad creativa y la propiedad intelectual de las obras generadas.

Asimismo, la dimensión performativa de estas prácticas adquiere un papel central. La capacidad de la obra para reaccionar en tiempo real a datos biométricos o emocionales del usuario establece una relación dialógica que transforma al espectador en participante activo. Esta interacción no solo redefine la experiencia estética, sino que también desplaza los límites entre creación y recepción, situando la obra en un estado de constante actualización. Desde esta perspectiva, la performatividad digital no se limita a la ejecución de un sistema, sino que implica una co-construcción de sentido entre humano y máquina.

El uso de tecnologías emergentes en prácticas artísticas vinculadas a tradiciones culturales, como el origami, introduce además tensiones de carácter epistemológico. La traducción de una práctica manual, histórica y culturalmente situada a un entorno algorítmico implica un proceso de abstracción y formalización que puede transformar —e incluso reducir— su complejidad simbólica. Esto plantea la cuestión de hasta qué punto la digitalización preserva el conocimiento implícito en la tradición o, por el contrario, lo reconfigura bajo lógicas computacionales que priorizan la eficiencia, la optimización y la replicabilidad.

En el plano ético, emergen problemáticas relacionadas con el uso de datos y la interacción humano-máquina. La incorporación de sistemas que responden a emociones o rasgos faciales plantea interrogantes sobre la privacidad, el consentimiento informado y la gestión de datos biométricos. En este sentido, la dimensión estética no puede desligarse de la responsabilidad en el diseño de estos sistemas, especialmente cuando la experiencia artística depende de la captura y procesamiento de información sensible.

Por otro lado, la integración de IA en procesos creativos abre un debate sobre la originalidad y el valor de la obra. Si bien la IA amplía las posibilidades formales y permite explorar configuraciones complejas, también introduce el riesgo de homogeneización estética derivada del uso de modelos entrenados sobre grandes volúmenes de datos preexistentes. Esto invita a cuestionar si la innovación reside en el resultado formal o en el diseño del sistema generativo, desplazando el foco desde la obra final hacia el proceso.

Estos elementos sitúan a la papiroflexia digital en un campo de tensiones entre innovación tecnológica y preservación cultural, entre apertura creativa y responsabilidad ética. Más que ofrecer respuestas definitivas, esta investigación propone entender estas prácticas como espacios de negociación donde se redefinen continuamente las nociones de autoría, materialidad, interacción y significado en el arte contemporáneo. En este sentido, la integración de la IA en el origami no solo transforma una técnica artística, sino que

también reconfigura los marcos conceptuales desde los cuales interpretamos la creatividad en la cultura digital.

## 9. Resultados

La investigación demuestra que el origami tradicional japonés ha experimentado una transformación radical gracias a la incorporación de la IA y las tecnologías web. Esta evolución ha convertido a la papiroflexia en un lenguaje artístico expandido, capaz de redefinir conceptos como la autoría y la performatividad. En un sistema experimental, figuras digitales de origami impulsadas por IA generativa se adaptan a los rostros humanos en tiempo real, configurando la obra como un acto de co-creación humano-máquina. Cabe destacar que esta transición no busca reemplazar la práctica tradicional, sino ampliar sus posibilidades formales y conceptuales.

El análisis de software especializado revela que el diseño computacional se ha convertido en un componente central del origami digital. Herramientas desarrolladas por pioneros como Robert J. Lang (*TreeMaker*), Tomohiro Tachi (*Origamizer*) y Jun Mitani (*ORIPA*) permiten generar de manera algorítmica patrones de pliegue de gran complejidad. Además, los principios de la papiroflexia se han expandido a campos como la robótica, con la *Oribótica* de Matthew Gardiner; la arquitectura, a través de los diseños de Michael Hansmeyer; y la ingeniería, con proyectos como el dron *Orizuru* de ROHM. Estos desarrollos demuestran cómo la tecnología transforma el papel y sus formas en medios de interacción entre humanos, máquinas y el entorno.

El origami digital se ha consolidado también como un recurso educativo y de investigación en matemáticas, ciencias e ingeniería. En conjunto, estos resultados evidencian cómo la programación y los algoritmos pueden funcionar como materiales expresivos en la cultura digital, facilitando la convergencia interdisciplinaria entre arte, ciencia y tecnología.

## 10. Conclusiones

La presente investigación concluye que la integración de la IA y las tecnologías digitales ha reconfigurado profundamente la práctica del origami, transformándola en un lenguaje artístico dinámico, interactivo e interdisciplinario. Esta evolución no sustituye la práctica manual tradicional, sino que amplía su alcance, ofreciendo nuevas posibilidades formales, conceptuales y performativas que enriquecen tanto la creación como la experiencia del espectador.

La transición del papel al código introduce un cambio paradigmático en la comprensión de la autoría y la creatividad. La co-creación entre seres humanos y sistemas de IA se configura como un proceso colaborativo en el que el algoritmo actúa como socio creativo, modulando resultados y generando nuevas formas de interacción artística. Este enfoque difumina los límites entre herramienta y agente creativo, promoviendo un modelo de autoría compartida y redefiniendo la performatividad de la obra en entornos digitales.

Asimismo, se reconoce el potencial del origami digital como catalizador de innovación en múltiples áreas. La simulación de pliegues complejos, el diseño de estructuras imposibles de lograr manualmente y la incorporación de principios de la papiroflexia en campos como la robótica, la ingeniería y el arte interactivo evidencian la adaptabilidad y escalabilidad de sus fundamentos, así como su capacidad de trascender el ámbito puramente artístico.

No obstante, este desarrollo tecnológico exige una reflexión crítica sobre sus implicaciones sociales, culturales y éticas. Trabajos como el de Tung Ken Lam u otros estudios destacan retos como el desplazamiento de artistas, los impactos medioambientales derivados del uso intensivo de infraestructura digital y la necesidad de proteger la propiedad intelectual y la

integridad cultural de las prácticas tradicionales. Estos factores subrayan que la innovación tecnológica no puede desligarse de la responsabilidad ética y del respeto por la tradición.

Sin embargo, el origami digital se perfila como un espacio de convergencia entre arte, ciencia y tecnología, donde la programación y los algoritmos se conciben como nuevos materiales expresivos. Esta fusión abre fronteras inéditas para la exploración creativa, extendiendo los límites de las formas tradicionales y ofreciendo nuevas maneras de imaginar, representar y habitar el mundo digital. El estudio sugiere que futuras investigaciones podrían profundizar en los modelos de interacción humano-IA, las aplicaciones transdisciplinarias de la papiroflexia digital y los marcos éticos necesarios para garantizar un desarrollo creativo responsable y sostenible.

## 11. Referencias bibliográficas

- Chen, Q., Mishra, R., Purnamasari, L. S., EL-Zanfaly, D., & Kitani, K. (2025). Origami Sensei: A Mixed Reality AI-Assistant. *Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-18. <https://doi.org/10.1145/3706598.3714099>
- Demaine, E. D., & Tachi, T. (2017). Origamizer: A Practical Algorithm for Folding Any Polyhedron. *ResearchGate*, 1-34. <https://doi.org/10.4230/LIPIcs.SoCG.2017.34>
- Dennis, M. A. (2025). Allen Newell | Pioneering AI Scientist & A.M. Turing Award Winner | Britannica. En *Britannica*. <https://www.britannica.com/biography/Allen-Newell>
- Gardiner, M. (2009). A Brief History of Oribotics. En *Origami 4*. A K Peters/CRC Press.
- Gardiner, M. (2011). Oribotics: The Future Unfolds. En *Origami 5*. A K Peters/CRC Press.
- Ghassaei, A. (2017). ORIGAMI SIMULATOR. ORIGAMI SIMULATOR. [https://amandaghassaei.com/projects/origami\\_simulator/](https://amandaghassaei.com/projects/origami_simulator/)
- Hansmeyer, M. (Director). (2012, junio). *Building unimaginable shapes* [Video]. TEDGlobal. [https://www.ted.com/talks/michael\\_hansmeyer\\_building\\_unimaginable\\_shapes](https://www.ted.com/talks/michael_hansmeyer_building_unimaginable_shapes)
- John. (s. f.). *foldMation—Interactive Origami Learning and Creation*. foldMation. Recuperado 11 de septiembre de 2025, de <https://foldmation.com/>
- Lam, T. K. (2021, abril 18). Using Geogebra for Origami. *Foldworks*. <https://www.foldworks.net/using-geogebra-for-origami/>
- Lam, T. K. (2022a, enero 19). Arts in STEAM 2022 Conference: Folded paper corrugation (Art, Workshops, Performances). *Foldworks*. <https://www.foldworks.net/arts-in-steam-2022/>
- Lam, T. K. (2022b, octubre 10). Photographs of Imaginary Origami. *Foldworks*. <https://www.foldworks.net/photographs-of-imaginary-origami/>
- Lang, R. J. (2011). *Origami Design Secrets: Mathematical Methods for an Ancient Art, Second Edition*. A K Peters/CRC Press.
- Lang, R. J. (2015, septiembre 19). *TreeMaker*. <https://langorigami.com/article/treemaker/>
- Macho, M. (2012, febrero 24). Issey Miyake. *ztfnews*. <https://ztfnews.wordpress.com/2012/02/24/132-5-issey-miyake/>
- Minuto uno. (2015, octubre 19). *VIDEO: El drone basado en el arte del origami que vuela como una grulla*. Minuto Uno. <https://www.minutouno.com/tecno/video-el-drone-basado-el-arte-del-origami-que-vuela-como-una-grulla-n1298019>
- Mitani, J. (s. f.). *Origami Applications*. Software. Recuperado 11 de septiembre de 2025, de [https://mitani.cs.tsukuba.ac.jp/origami\\_application/](https://mitani.cs.tsukuba.ac.jp/origami_application/)
- Molga, K. (2016). *Studiomolga.com/art\_HS.html*. STUDIO MOLGA. [https://www.studiomolga.com/art\\_HS.html](https://www.studiomolga.com/art_HS.html)
- Pallier, M. (Director). (2025, julio 1). *Metropolis—Máquinas digitales, el arte del algoritmo* [Video]. rtve. <https://www.rtve.es/play/videos/metropolis/maquinas-digitales-arte-del-algoritmo/16646773/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2024, septiembre 21). *La IA plantea problemas ambientales. Esto es lo que el mundo puede hacer al respecto*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. <https://www.unep.org/noticias-y-reportajes/reportajes/la-ia-plantea-problemas-ambientales-esto-es-lo-que-el-mundo-puede>
- Tachi, T. (s. f.). *Software*. TT's Page. Recuperado 11 de septiembre de 2025, de <https://tsg.ne.jp/TT/software/>