

Producción virtual e infraestructura crítica: reconfiguración, acceso y sostenibilidad audiovisual

Virtual production as critical infrastructure: reconfiguration, access, and audiovisual sustainability

Roberto Antonio Pinto Rodríguez

Universidad de Panamá. Facultad de Comunicación Social. Panamá

roberto.pinto-r@up.ac.pa; <https://orcid.org/0009-0007-0676-3243>

Arturo Coley Graham

Universidad de Panamá. Facultad de Comunicación Social. Panamá

arturo.coley@up.ac.pa; <https://orcid.org/0009-0007-5293-7734>

Bladimir Enrique Cedeño-Vega

Universidad de Panamá. Facultad de Comunicación Social. Panamá

bladimir.cedeño@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0002-4927-0197>

Artículo recibido: 25 de marzo de 2026

Artículo aceptado: 11 de agosto de 2026

DOI <https://doi.org/10.48204/j.colegiada.v8n1.a11458>

RESUMEN

Este artículo examina la producción virtual como infraestructura crítica del audiovisual contemporáneo, superando su concepción restringida como innovación técnica o conjunto de herramientas destinadas a optimizar procesos de rodaje. El objetivo del estudio es analizar, a partir de una revisión bibliográfica integradora, cómo la literatura especializada conceptualiza la producción virtual en relación con tres dimensiones estratégicas: la reconfiguración del *pipeline* audiovisual, las desigualdades estructurales de acceso y las condiciones de sostenibilidad y gobernanza del ecosistema productivo. Metodológicamente, se desarrolló una revisión temática de enfoque cualitativo. De un universo inicial de 68 registros, se aplicaron criterios de pertinencia temática, densidad conceptual y contribución interpretativa, lo que permitió consolidar un corpus final de 29 textos únicos publicados entre 2016 y 2026, incluyendo artículos académicos, informes sectoriales, tesis doctorales y documentos técnicos. El análisis se organizó en cuatro ejes articulados: (1) la producción virtual entendida como sistema sociotécnico e infraestructura crítica; (2) la transición del modelo lineal de producción hacia esquemas de convergencia iterativa e integración temprana entre preproducción, producción y posproducción; (3) el acceso desigual, las transformaciones del trabajo y la formación profesional bajo la noción de “democratización condicionada”; y (4) la sostenibilidad ecosistémica vinculada con gobernanza tecnológica, medición de impacto, memoria técnica y desarrollo de capacidades locales. Los resultados evidencian que la producción virtual no solo transforma la representación visual o el espacio físico del set, sino que reordena las bases materiales, informacionales e institucionales del trabajo audiovisual. Asimismo, su expansión no implica una democratización automática, pues depende de infraestructuras previas, capital humano especializado y marcos colaborativos estables. El estudio ofrece una lectura crítica e integradora de la producción virtual como fenómeno estructural del audiovisual del siglo XXI, especialmente pertinente para América Latina y Centroamérica.

PALABRAS CLAVE: Grabación audiovisual, Nuevas tecnologías, disparidad tecnológica, competencia profesional, almacenamiento de material audiovisual.



ABSTRACT

This article examines virtual production as a critical infrastructure of contemporary audiovisual practice, moving beyond its restricted understanding as a technical innovation or a set of tools designed to optimize shooting processes. The objective of the study is to analyze, through an integrative literature review, how specialized scholarship conceptualizes virtual production in relation to three strategic dimensions: the reconfiguration of the audiovisual pipeline, structural inequalities of access, and the conditions of sustainability and governance within the production ecosystem. Methodologically, a qualitative thematic review was conducted. From an initial pool of 68 records, selection criteria based on thematic relevance, conceptual density, and interpretative contribution were applied, resulting in a final corpus of 29 unique texts published between 2016 and 2026, including peer-reviewed articles, industry reports, doctoral theses, and technical documents. The analysis was structured around four interconnected axes: (1) virtual production as a sociotechnical system and critical infrastructure; (2) the transition from a linear production model toward iterative convergence and early integration across pre-production, production, and post-production; (3) unequal access, labor transformations, and professional training under the notion of “conditional democratization”; and (4) ecosystemic sustainability linked to technological governance, impact assessment, technical memory, and local capacity building. The findings indicate that virtual production not only transforms visual representation or the physical set but also reorganizes the material, informational, and institutional foundations of audiovisual labor. Furthermore, its expansion does not guarantee automatic democratization, as it depends on pre-existing infrastructures, specialized human capital, and stable collaborative frameworks. The study offers a critical and integrative reading of virtual production as a structural phenomenon shaping twenty-first-century audiovisual practice, particularly relevant to Latin America and Central America.

KEYWORDS: Audiovisual recording, new technologies, technological disparity, professional competition, storage of audiovisual material.

INTRODUCCIÓN

En el contexto de las transformaciones del audiovisual contemporáneo, la producción virtual se ha consolidado como una de las innovaciones más significativas del siglo XXI. Su expansión en el cine, la televisión, la animación, la producción inmersiva y otros formatos de pantalla ha sido impulsada por la convergencia entre motores de renderizado en tiempo real, entornos digitales, sistemas de *tracking*, herramientas avanzadas de previsualización, captura *in camera* y nuevas modalidades de articulación entre producción y postproducción. No obstante, reducir este fenómeno a una mejora técnica o a una tendencia de alto impacto visual resulta analíticamente insuficiente. La literatura reciente indica que la producción virtual no solo introduce nuevos recursos de representación, sino que reconfigura las condiciones materiales, organizativas y relacionales desde las cuales se produce el audiovisual contemporáneo (Swords & Willment, 2024a; Willment et al., 2023).

Este artículo parte de esa premisa y propone examinar la producción virtual no únicamente como una tecnología, sino como una infraestructura crítica del ecosistema audiovisual actual. Esta perspectiva desplaza la atención del dispositivo aislado hacia el entramado de flujos, activos digitales, estándares, plataformas, espacios de producción, perfiles profesionales y marcos de coordinación que posibilitan su funcionamiento. Desde este enfoque, la producción virtual no transforma exclusivamente la imagen final, sino también el *pipeline* (flujo de trabajo), la distribución del poder de decisión, las dinámicas de acceso y las condiciones de sostenibilidad del sector audiovisual (Motion Picture Laboratories, 2021; Spain Film Commission, 2024).

El problema central que orienta este estudio radica en que una parte significativa del debate sobre producción virtual ha privilegiado el análisis de sus ventajas operativas, creativas e industriales. Sin embargo, persiste la necesidad de integrarla en una lectura más amplia que articule sus implicaciones infraestructurales, las desigualdades que condicionan su adopción y las tensiones que plantea en términos de sostenibilidad y gobernanza. Esta reflexión resulta

particularmente pertinente para los estudios de producción audiovisual en 2026, y adquiere especial relevancia en contextos como América Latina y Centroamérica, donde la incorporación tecnológica no puede disociarse de asimetrías históricas en infraestructura, formación especializada, financiamiento y políticas culturales.

A partir de una revisión bibliográfica integradora de 29 textos —entre estudios académicos, informes sectoriales y documentos técnicos—, el objetivo del artículo es analizar la producción virtual desde una perspectiva crítica que permita comprenderla como una transformación infraestructural del audiovisual contemporáneo. La tesis que sustenta este trabajo plantea que la producción virtual no constituye únicamente una innovación técnica dentro del flujo audiovisual, sino una reconfiguración estructural que reorganiza el *pipeline*, redistribuye de manera desigual capacidades y oportunidades, y cuya consolidación depende de condiciones ecosistémicas vinculadas con la gobernanza, la formación, la interoperabilidad y la sostenibilidad.

El desarrollo se organiza en cuatro ejes analíticos. El primero examina la producción virtual como infraestructura crítica y sistema sociotécnico. El segundo analiza la reconfiguración del *pipeline* audiovisual, desde esquemas lineales hacia dinámicas de convergencia iterativa. El tercero aborda las dimensiones de acceso desigual, trabajo y formación, problematizando la noción de democratización tecnológica. El cuarto estudia la sostenibilidad, la gobernanza y las proyecciones del ecosistema. En conjunto, estos ejes buscan ofrecer una lectura que no solo describa una innovación contemporánea, sino que contribuya a repensar críticamente las condiciones estructurales desde las cuales se reorganiza hoy la producción audiovisual.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló mediante una revisión bibliográfica temática de carácter integrador, orientada a examinar críticamente la producción virtual como infraestructura del audiovisual contemporáneo. El propósito no consistió en describir avances tecnológicos de forma aislada, sino en analizar cómo la literatura reciente conceptualiza la producción virtual en relación con la reconfiguración del *pipeline*, las desigualdades de acceso y las condiciones ecosistémicas de sostenibilidad y gobernanza.

La construcción del corpus se realizó en dos fases. En la primera, se conformó un universo preliminar de 68 registros identificados mediante búsquedas documentales en Google Scholar, repositorios académicos e institucionales, sitios oficiales de organismos y redes del sector audiovisual, así como a partir del rastreo de referencias en textos clave. La estrategia de búsqueda incluyó materiales vinculados con producción virtual, renderizado en tiempo real, cinematografía virtual, volúmenes LED, flujo de trabajo audiovisual, efectos visuales integrados en cámara, además de literatura sobre formación, accesibilidad, inclusión, sostenibilidad e infraestructura sectorial.

En la segunda fase, se efectuó una depuración analítica basada en criterios de pertinencia temática, relación directa con los objetivos del estudio, aporte conceptual y capacidad explicativa dentro de una lectura crítica del fenómeno. Se excluyeron documentos duplicados, textos tangenciales, materiales predominantemente instrumentales sin suficiente densidad interpretativa y fuentes que reiteraban hallazgos ya representados de manera más consistente en otros trabajos. El corpus final quedó conformado por 29 textos únicos publicados entre 2016 y 2026.

Los criterios de inclusión consideraron textos centrados explícitamente en la producción virtual o en componentes estructurales directamente asociados a ella, particularmente aquellos vinculados con *pipeline*, interoperabilidad, activos digitales, trabajo, formación, accesibilidad, sostenibilidad, gobernanza y ecosistema sectorial. El análisis se desarrolló desde un enfoque cualitativo de carácter temático, orientado a identificar convergencias, tensiones y vacíos dentro del corpus. A partir de la lectura analítica de los textos seleccionados, se estructuraron cuatro núcleos temáticos: producción virtual como infraestructura crítica y sistema sociotécnico;

reconfiguración del *pipeline* audiovisual; acceso desigual, trabajo y formación; y sostenibilidad, gobernanza y futuro del ecosistema.

Dado el carácter emergente del campo, se integraron tanto fuentes académicas como informes sectoriales y documentos técnicos, considerando que una parte sustantiva de los marcos operativos y debates sobre producción virtual circula en espacios híbridos que articulan industria, investigación aplicada, formación profesional y reflexión académica.

RESULTADOS

Producción virtual como infraestructura crítica: del dispositivo técnico al sistema sociotécnico

La producción virtual ya no puede comprenderse únicamente como un conjunto de herramientas orientadas a optimizar la visualización o acelerar el rodaje. En el audiovisual contemporáneo, se materializa en pantallas LED, motores de renderizado en tiempo real, sistemas de seguimiento de cámara, bibliotecas de activos digitales (*assets*), entornos de previsualización y nuevas modalidades de coordinación entre arte, dirección de fotografía, efectos visuales y producción.

No obstante, la literatura reciente indica que su relevancia excede estos recursos visibles. Su alcance es estructural: reorganiza las condiciones técnicas, organizativas y relacionales que sustentan la producción audiovisual. En este sentido, puede conceptualizarse como una infraestructura crítica, entendida como una red de tecnologías, flujos de datos, activos digitales, estándares, espacios de trabajo y mecanismos de coordinación que transforma la lógica operativa del ecosistema audiovisual (Swords & Willment, 2024a; Willment et al., 2023).

Este desplazamiento conceptual permite superar una visión reduccionista centrada exclusivamente en pantallas LED, motores en tiempo real o sistemas de tracking. Tales componentes no operan de manera aislada. Una pantalla LED, por ejemplo, depende de activos previamente diseñados, sincronización con cámara, gestión de color, renderizado en tiempo real y articulación interdepartamental. En esa línea, Swords y Willment (2024a) sostienen que la producción virtual constituye un ecosistema de tecnologías y flujos de trabajo orientado a la captura en cámara de contenidos digitales en tiempo real, mientras que Willment et al. (2023) demuestran que su evolución implica transformaciones en formación, mercado, sostenibilidad, estructuras empresariales y dinámicas colaborativas.

Desde esta perspectiva, la producción virtual funciona como infraestructura porque articula dependencias técnicas, organizativas y de datos. No se trata únicamente de producir imágenes con mayor control, sino de coordinar motores gráficos, circulación de activos digitales, plataformas de gestión, sincronización multiusuario, almacenamiento, procesamiento e interoperabilidad entre distintos entornos de trabajo. Por ello, su implementación no consiste en añadir un dispositivo a un pipeline preexistente, sino en reordenarlo a partir de nuevas exigencias de planificación, estandarización y gobernanza técnica (Willment et al., 2023; Spain Film Commission, 2024).

Esta lectura se refuerza al considerar el papel central de los activos digitales y de los flujos de información. En la producción virtual, los activos no constituyen meros recursos visuales: circulan entre previsualización, diseño, exploración de escenarios, rodaje y ajustes posteriores, funcionando como nodos de enlace entre equipos antes relativamente separados. La infraestructura, por tanto, debe entenderse también como arquitectura informacional.

En esta línea, Motion Picture Laboratories (2021) propone un lenguaje común para la creación mediática basado en categorías como activos, tareas, participantes, contextos e infraestructura. Aunque esta guía técnica no aborda de forma directa la producción virtual, resulta pertinente porque demuestra que toda obra audiovisual depende de una estructura relacional y operativa sin la cual la coordinación sería inviable.

La interoperabilidad confirma este carácter infraestructural. Cuanto mayor es la dependencia de activos reutilizables, colaboración simultánea y actualización multiplataforma,

más necesaria resulta la existencia de estándares y modelos consistentes de intercambio. El Libro blanco de la producción audiovisual virtual en España vincula la consolidación del campo con la digitalización de activos, formatos normalizados, supervisión especializada y plataformas de gestión de activos 3D (Spain Film Commission, 2024).

A ello se suma la creciente institucionalización del sector. La producción virtual ocupa un lugar cada vez más visible en agendas de investigación, informes sectoriales y estrategias formativas. Hitchen et al. (2023), al mapear el ecosistema británico, muestran que su desarrollo depende de redes entre estudios, universidades, empresas tecnológicas y configuraciones territoriales desiguales. Este enfoque desplaza el análisis desde la tecnología aislada hacia las condiciones económicas, institucionales y geográficas que posibilitan su consolidación.

En consecuencia, concebir la producción virtual como infraestructura crítica implica reconocer que su impacto no se limita a la introducción de nuevas imágenes, sino que reconfigura flujos, activos, dependencias interdepartamentales y marcos de coordinación. No sustituye únicamente técnicas previas; redefine las condiciones bajo las cuales el audiovisual produce, conecta y gobierna sus procesos. Puede entenderse, así, como una nueva capa infraestructural del audiovisual contemporáneo, donde la imagen final depende cada vez menos de fases aisladas y más de sistemas sociotécnicos capaces de integrar herramientas, personas, datos y entornos de trabajo bajo una lógica de producción integrada (Motion Picture Laboratories, 2021; Spain Film Commission, 2024; Swords & Willment, 2024a; Willment et al., 2023).

Reconfiguración del pipeline audiovisual: de la linealidad a la convergencia iterativa

Uno de los consensos más sólidos del corpus revisado es que la principal transformación introducida por la producción virtual no es meramente visual, sino procesual. Su efecto más profundo consiste en alterar la organización del trabajo audiovisual. Más que una innovación técnica añadida al rodaje modifica la lógica del flujo de trabajo y redistribuye decisiones, temporalidades y relaciones interdepartamentales (Pires et al., 2022; Priadko & Sirenko, 2021).

La literatura coincide en que este cambio desestabiliza la secuencia tradicional de preproducción, producción y postproducción como fases relativamente autónomas. En su lugar, emerge una dinámica iterativa, paralela e interdependiente. Pires et al. (2022) sostienen que la producción virtual integra visualización, captura, composición y toma de decisiones en un mismo entorno técnico, mientras que Priadko y Sirenko (2021) subrayan que este enfoque reduce la incertidumbre del rodaje al aproximar la imagen de trabajo al resultado final desde el set.

Esta reconfiguración se manifiesta con especial claridad en el desplazamiento del peso productivo hacia la preproducción. Tovell y Williams (2018) muestran que el diseño de un workflow específico para producción virtual exigió revisar las limitaciones del modelo tradicional de efectos visuales y construir un flujo más flexible e interoperable. En consonancia, Ballund (2024) afirma que la previsualización en entornos de producción virtual permite trasladar decisiones creativas y logísticas a fases tempranas y menos riesgosas. Procesos que antes se resolvían tardíamente comienzan a activarse desde el inicio mediante activos reutilizables, previsualizaciones de alta fidelidad y ciclos continuos de prueba y ajuste.

El cambio es también organizativo. Swords y Willment (2024b) sostienen que la producción virtual desplaza parte del trabajo desde la postproducción hacia la preproducción y favorece una interacción temprana entre el Virtual Art Department (VAD), efectos visuales, diseño, edición y rodaje. De forma convergente, Jia et al. (2025) proponen la noción de flujo de trabajo de convergencia no lineal, en el que artistas, técnicos y dirección intervienen simultáneamente mediante bucles de retroalimentación en tiempo real. El flujo de trabajo deja así de operar como una cadena secuencial de transferencias y se convierte en un espacio de convergencia continua.

Otro rasgo decisivo es la emergencia de entornos de colaboración sincrónica sobre escenas, cámaras, iluminación y activos digitales. El caso de VPET (Virtual Production Editing Tool), analizado por Spielmann et al. (2016), ilustra una infraestructura donde múltiples usuarios

editan una escena virtual en paralelo con sincronización inmediata y retorno automático de cambios al flujo productivo. De manera análoga, Audi (2025) demuestra que incluso en un cortometraje independiente con pantalla verde, la previsualización, el monitoreo de efectos integrados en cámara (ICVFX) y la composición en tiempo real configuran formas híbridas entre preproducción y rodaje.

No obstante, la literatura advierte que esta transformación no es homogénea. Livingstone (2025), en su estudio sobre Aardman Animations, muestra que en contextos materialmente densos como la animación stop-motion, la producción virtual no sustituye el proceso tradicional, sino que lo complementa como herramienta de apoyo temprano. De modo similar, Silva Jasauí et al. (2024) documentan que, en el contexto español, la producción virtual modifica cronogramas y centraliza departamentos, aunque sin eliminar por completo las diferencias según escala y tipo de producción.

En síntesis, la producción virtual reconfigura el pipeline audiovisual al anticipar decisiones, erosionar fronteras entre fases, promover interacción simultánea y convertir los activos digitales en nodos activos de coordinación. La producción deja de organizarse como una secuencia rígida para operar como una ecología de iteraciones distribuidas. Este eje constituye uno de los núcleos analíticos centrales del artículo, pues evidencia con mayor claridad que la producción virtual representa una reorganización estructural del trabajo audiovisual (Ballund, 2024; Jia et al., 2025; Pires et al., 2022; Tovell & Williams, 2018).

Acceso desigual, trabajo y formación: la democratización condicionada de la producción virtual

Uno de los hallazgos más consistentes del corpus es que la producción virtual no puede interpretarse como una tecnología automáticamente democratizadora. Aunque amplía posibilidades creativas y abre nuevas vías de entrada al sector, el acceso permanece condicionado por barreras económicas, cognitivas, territoriales y laborales. Más que una democratización plena, emerge una apertura desigual en la que la disponibilidad tecnológica no garantiza participación efectiva ni distribución equitativa de oportunidades (Kurta & Pernice, 2024; Ozimek, 2020).

En la dimensión laboral, Kurta y Pernice (2024) muestran que las industrias inmersivas y de producción virtual reproducen brechas salariales y barreras vinculadas a responsabilidades de cuidado, edad, salud mental y neurodiversidad. Complementariamente, Ozimek (2020) señala que las industrias de pantalla mantienen desigualdades estructurales asociadas al empleo por proyectos, redes informales y culturas laborales excluyentes. La producción virtual, por tanto, se inserta en un ecosistema preexistente de jerarquías.

A ello se suma la cuestión del costo y la complejidad operativa. Méndez-Fernández et al. (2025) sostienen que la democratización depende en gran medida del diseño técnico de las plataformas: soluciones simplificadas y basadas en la nube mejoran la usabilidad, mientras que entornos profesionales robustos mantienen mayores barreras de entrada. Wang et al. (2023) confirman que la expansión en Reino Unido y China depende de infraestructuras, formación y apoyo institucional diferenciados.

La desigualdad presenta además una dimensión territorial. Akbil et al. (2023) demuestran que la diversidad en las industrias de pantalla está vinculada a la distribución concreta de infraestructuras, espacios asequibles y redes de apoyo. Informes sectoriales como ScreenSkills (2025) y Digital Catapult (2023) evidencian que la adopción de producción virtual se concentra en determinados nodos de innovación, lo que condiciona oportunidades de aprendizaje y experimentación.

En este marco, la formación constituye un componente estructural de la desigualdad infraestructural. Granström et al. (2026) muestran alta motivación por el upskilling, pero acceso desigual debido a precariedad y fragmentación temporal. Bennett et al. (2023) documentan que bootcamps, placements y experiencias on-set continúan siendo vías decisivas para el desarrollo

de talento, mientras que Digital Catapult (2023) enfatiza la necesidad de capacidades distribuidas a lo largo de todo el workflow.

Asimismo, Hoare et al. (2026) proponen un Inclusive Virtual Production Framework que demuestra que la accesibilidad requiere planificación centrada en el acceso, co-creación y ajustes continuos. La producción virtual no democratiza por sí misma; su potencial inclusivo depende del diseño institucional de sus condiciones de acceso, trabajo y aprendizaje.

En términos conceptuales, Jia et al. (2025) sintetizan esta problemática mediante la noción de habilitación diferenciada (*differentiated enablement*): el acceso depende no solo de la existencia de herramientas, sino de la capacidad real para integrarlas en culturas laborales, estructuras productivas y trayectorias formativas concretas. La producción virtual no elimina desigualdades; las reconfigura bajo nuevas modalidades de competencia y exclusión profesional.

Sostenibilidad, gobernanza y futuro del ecosistema

El análisis del corpus muestra que el futuro de la producción virtual no puede reducirse al progreso tecnológico o a la innovación estética. La cuestión central es en qué condiciones puede sostenerse el modelo en el tiempo. La sostenibilidad debe entenderse en sentido ampliado: ambiental, organizativo, institucional y formativo.

En el plano ambiental, Keeney (2023) sostiene que la producción virtual puede contribuir a objetivos de cero emisiones netas al reducir desplazamientos, construcción de sets y transporte. Film Paris Region, Green Screen y Workflowers (2022) coinciden en que existen potenciales reducciones de impacto en determinadas fases del rodaje y la postproducción.

Sin embargo, estos beneficios no deben asumirse acríticamente. Keeney (2023) advierte sobre el consumo eléctrico de los volúmenes LED y la materialidad industrial del hardware. Film Paris Region, Green Screen y Workflowers (2022) incorporan además el problema del efecto rebote, donde ahorros parciales pueden compensarse con nuevos consumos energéticos y mayor complejidad tecnológica.

Willment et al. (2024) refuerzan esta cautela al señalar que muchas afirmaciones sobre sostenibilidad, inclusión y eficiencia continúan siendo aspiracionales más que empíricamente consolidadas. La sostenibilidad requiere métricas comparables, evidencia robusta y articulación entre investigación, industria y política pública.

Desde esta perspectiva, la gobernanza se convierte en condición de viabilidad. Spain Film Commission (2024) subraya la necesidad de marcos claros sobre estándares, competencias, digitalización de activos y organización del trabajo. Wang et al. (2023) muestran que la evolución en Reino Unido y China depende de clusters sectoriales, apoyo estatal y colaboración academia-industria.

La sostenibilidad ecosistémica implica asimismo preservación y gestión a largo plazo de activos digitales. Samaras (2021) evidencia la ausencia de políticas consistentes de archivo y metadatos en efectos visuales. Motion Picture Laboratories (2021) propone una ontología común que favorece interoperabilidad semántica y modelos compartidos de descripción.

Finalmente, Bennett et al. (2023) y Digital Catapult (2023) coinciden en que la sostenibilidad depende de la consolidación de trayectorias estructuradas de talento y capacidades distribuidas a lo largo de todo el flujo productivo.

En suma, la sostenibilidad de la producción virtual es ecosistémica antes que meramente técnica. Su futuro dependerá de la capacidad del sector para medir con rigor su impacto ambiental, estandarizar procesos, fortalecer políticas formativas, garantizar trazabilidad de activos y consolidar marcos de colaboración interinstitucional. La cuestión decisiva no es únicamente qué tecnologías emergerán, sino qué formas de gobernanza y coordinación colectiva harán posible que ese futuro sea viable, medible e inclusivo.

DISCUSIÓN

La revisión sistemática realizada permite sostener que la producción virtual no debe ser interpretada exclusivamente como un avance técnico orientado a optimizar rodajes, mejorar la visualización en tiempo real o reducir la incertidumbre durante la captura. El corpus analizado evidencia un fenómeno de mayor alcance estructural: la producción virtual está reconfigurando el audiovisual contemporáneo en su base infraestructural. En consecuencia, su impacto no se circunscribe al nivel de la imagen, el dispositivo o la espectacularidad tecnológica, sino que alcanza dimensiones organizativas, laborales, formativas y ecosistémicas que transforman el campo en su conjunto (Swords & Willment, 2024a; Willment et al., 2023).

Este desplazamiento analítico implica comprender la producción virtual como un sistema sociotécnico antes que como una herramienta aislada. Los estudios revisados coinciden en que su implementación altera la arquitectura del pipeline audiovisual, trasladando decisiones críticas hacia etapas tempranas del proceso, intensificando la previsualización y promoviendo dinámicas de trabajo iterativas e integradas. Las fronteras tradicionales entre preproducción, producción y postproducción se vuelven más porosas, mientras que la dependencia de activos digitales, flujos de datos y estándares de interoperabilidad se incrementa de manera sustantiva. De este modo, la lógica secuencial clásica cede paso a una lógica de convergencia anticipada, donde la coordinación interdisciplinaria se vuelve estructural y no contingente.

Para el campo de la producción audiovisual, este hallazgo posee implicaciones decisivas. La producción virtual no representa simplemente la incorporación de nuevas pantallas LED, motores gráficos o entornos inmersivos dentro del flujo tradicional; constituye una mutación del propio modelo productivo. Se trata de operar bajo una racionalidad distinta, basada en la anticipación, la simulación y la integración de departamentos que históricamente funcionaban de manera más compartimentada (Pires et al., 2022; Tovell & Williams, 2018; Jia et al., 2025). En este sentido, el cambio no es meramente instrumental, sino epistemológico y organizacional: transforma cómo se planifica, cómo se decide y cómo se gestiona la incertidumbre creativa y técnica.

No obstante, la literatura también advierte contra una lectura celebratoria o tecnodeterminista de esta transformación. La narrativa de democratización asociada a la producción virtual —en tanto promesa de reducción de costos, ampliación de posibilidades creativas y descentralización geográfica— aparece tensionada por desigualdades persistentes en el acceso a infraestructura especializada, formación técnica avanzada, redes profesionales y condiciones laborales dignas. La implementación de estos sistemas requiere inversiones significativas en hardware, software, conectividad y capacitación, lo que puede profundizar brechas preexistentes entre centros industriales consolidados y regiones con menor desarrollo tecnológico.

Esta observación adquiere especial relevancia desde una perspectiva situada en América Latina y Centroamérica. En estos contextos, la discusión sobre innovación audiovisual no puede disociarse de asimetrías históricas en financiamiento público y privado, concentración de equipamientos, acceso a conectividad de alta capacidad y disponibilidad de programas formativos especializados. Aunque una parte considerable del corpus proviene del Reino Unido y de otros entornos europeos con ecosistemas industriales más robustos, sus hallazgos permiten formular una inferencia crítica: en regiones periféricas o semiperiféricas, la producción virtual corre el riesgo de convertirse en una nueva frontera de exclusión si su adopción no se acompaña de políticas públicas de formación, estrategias institucionales de acceso compartido y modelos de apropiación tecnológica contextualizados (Kurta & Pernice, 2024; Méndez-Fernández et al., 2025; Akbil et al., 2023; Granström et al., 2026).

En este escenario, la cuestión no se reduce a quién dispone de la tecnología, sino a quién puede integrarla de manera sostenible en su cultura productiva. La apropiación no es únicamente técnica; implica la construcción de capacidades locales, la adaptación de flujos de trabajo a realidades presupuestarias específicas y el desarrollo de marcos regulatorios y colaborativos que eviten la dependencia estructural de proveedores externos.

Otro aporte sustantivo del corpus radica en la ampliación del concepto de sostenibilidad. Si bien la producción virtual puede contribuir a la reducción de desplazamientos, construcción de sets físicos y ciertos costos materiales, también introduce nuevas dependencias energéticas, informacionales e infraestructurales. La operación de volúmenes LED, servidores de alto rendimiento y sistemas de renderizado en tiempo real implica demandas energéticas considerables y una infraestructura técnica compleja. Por ello, la sostenibilidad no puede evaluarse exclusivamente en términos de huella de carbono o reducción de residuos físicos. Debe analizarse también en función de su capacidad para sostener ecosistemas de talento, preservar activos digitales, consolidar estándares de interoperabilidad y establecer marcos de gobernanza que eviten la concentración de poder en pocos nodos tecnológicos o corporativos (Keeney, 2023; Samaras, 2021; Motion Picture Laboratories, 2021; Spain Film Commission, 2024).

En 2026, cuando el audiovisual se define cada vez más por la solidez de sus infraestructuras sociotécnicas y su capacidad de adaptación a entornos híbridos de producción, la producción virtual emerge como una infraestructura crítica. Reorganiza simultáneamente el plano productivo —al transformar el pipeline y los modos de coordinación—, el plano del acceso —al redistribuir de manera desigual capacidades y oportunidades— y el plano de la sostenibilidad —al exigir nuevas formas de medición, gobernanza y formación especializada.

En consecuencia, la producción virtual se consolida como un objeto central para los estudios de producción audiovisual y comunicación en el siglo XXI. Analizarla implica ir más allá de la espectacularidad tecnológica para interrogar las condiciones materiales, institucionales y culturales que hacen posible —o limitan— la producción de imágenes en el presente. Solo desde esta perspectiva infraestructural es posible evaluar críticamente su potencial transformador y sus riesgos estructurales dentro del ecosistema audiovisual global.

CONCLUSIÓN

La revisión desarrollada permite sostener que la producción virtual no puede ser comprendida como una innovación instrumental destinada únicamente a optimizar la visualización, reducir tiempos de rodaje o ampliar la integración entre producción y postproducción. Si bien estos beneficios operativos son relevantes, su alcance es estructural: la producción virtual constituye una transformación infraestructural del audiovisual contemporáneo, en la medida en que redefine la arquitectura técnica, organizativa y epistemológica del sector. Entendida desde esta perspectiva, la producción virtual reorganiza simultáneamente tecnologías, flujos de datos, activos digitales, relaciones interdepartamentales, trayectorias formativas, condiciones de acceso y marcos de sostenibilidad sectorial. No se limita a incorporar dispositivos como motores gráficos en tiempo real o entornos LED, sino que introduce una nueva ecología de trabajo basada en la integración temprana, la simulación iterativa y la gestión estratégica de assets digitales. En este sentido, uno de los hallazgos centrales del artículo es que la producción virtual reconfigura el *pipeline* audiovisual al desplazar decisiones creativas y técnicas hacia etapas iniciales, diluir las fronteras entre preproducción, producción y postproducción, e intensificar la centralidad de la previsualización, la interoperabilidad y la reutilización de activos. De este modo, no se trata simplemente de una herramienta adicional dentro del flujo clásico, sino de una nueva lógica de coordinación del trabajo audiovisual, caracterizada por la convergencia iterativa, la retroalimentación en tiempo real y una creciente dependencia de sistemas sociotécnicos complejos. Esta reorganización altera las jerarquías tradicionales, redefine las competencias profesionales y exige perfiles híbridos capaces de operar en entornos donde programación, diseño, dirección artística y gestión de datos convergen en tiempo real. Sin embargo, el corpus revisado evidencia que esta transformación no opera sobre un terreno neutral. La promesa de democratización frecuentemente asociada a la producción virtual aparece mediada por desigualdades de infraestructura tecnológica, acceso a formación especializada, capital relacional, concentración de plataformas y condiciones laborales. La adopción de estos

sistemas demanda inversiones significativas en hardware, software, conectividad y capacitación, lo que tiende a favorecer ecosistemas consolidados y a reproducir asimetrías preexistentes entre centros y periferias audiovisuales.

En consecuencia, la expansión de la producción virtual no implica por sí misma una apertura homogénea del campo audiovisual. Más bien, produce nuevas modalidades de redistribución desigual de capacidades y oportunidades que, en ausencia de políticas públicas inclusivas, estrategias de formación sistemática y modelos de adopción contextualizados, pueden profundizar brechas estructurales. La innovación tecnológica, en este marco, no es intrínsecamente democratizadora; su impacto depende de las condiciones institucionales, regulatorias y educativas que acompañen su implementación.

Otro resultado fundamental de esta revisión es la necesidad de ampliar el concepto de sostenibilidad. En el contexto de la producción virtual, la sostenibilidad no puede reducirse a la dimensión ambiental —aunque la reducción de desplazamientos y la optimización de recursos energéticos constituyan aportes significativos—. Debe entenderse como una cuestión ecosistémica que involucra gobernanza tecnológica, estandarización e interoperabilidad, preservación y archivística de activos digitales, métricas de evaluación, formación continua de talento y capacidad institucional para sostener procesos de innovación en el tiempo.

Desde esta óptica, el futuro de la producción virtual dependerá menos de la mera disponibilidad de tecnologías avanzadas y más de la solidez de los marcos de coordinación, regulación y aprendizaje que estructuren su consolidación. En suma, este artículo propone que la producción virtual debe ser leída como una infraestructura crítica del audiovisual contemporáneo porque reorganiza tres planos inseparables: el del trabajo —al transformar el *pipeline* y las formas de coordinación—; el del acceso —al redistribuir capacidades y trayectorias de manera desigual—; y el de la sostenibilidad —al exigir nuevas formas de gobernanza, memoria técnica y articulación ecosistémica—.

Esta interpretación resulta particularmente pertinente para los estudios de producción audiovisual en el siglo XXI y abre una agenda crítica para contextos como América Latina y Centroamérica, donde la discusión sobre innovación tecnológica no puede desvincularse de las asimetrías históricas en infraestructura, formación y política cultural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akbil, E., Butterworth, C., & Tay, R. (2023, November). *Screen rights: Exploring spatial and urban barriers to a diverse screen industry in South Yorkshire*. Live Works, School of Architecture, University of Sheffield, for Screen Industries Growth Network, University of York. <https://screen-network.org.uk/wp-content/uploads/2024/03/Screen-Rights-Report-201123.pdf>
- Audi, J. (2025). *Virtual production in indie short films: A practice-based exploration of green screen virtual production* [Bachelor's thesis, Tampere University of Applied Sciences]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2025060520810>
- Ballund, C. (2024). *Pre-visualisation using virtual production: Good practices*. Copenhagen Academy of Digital Arts. https://usercontent.one/wp/www.visiondenmark.dk/wp-content/uploads/2024/12/PrevisualisationUsingVirtualProduction_GoodPractices.pdf?media=1701863563
- Bennett, J., Ganz, A., Gregory-Clarke, B., Murphy, A., Richardson, P., Saunders, W., Smyth, S., & Wardle, J. (2023). *StoryFutures Academy: Final report 2018–2023*. StoryFutures Academy, National Centre for Immersive Storytelling. https://www.storyfutures.com/uploads/docs/StoryFutures_Academy_Final_Report_2023_Web-compressed_1.pdf

- Digital Catapult. (2023, December). *Advanced media production: Foresighting skills for the future*. Digital Catapult. <https://iuk-business-connect.org.uk/wp-content/uploads/2024/03/Advanced-Media-Production-Skills-Foresighting-Report.pdf>
- Film Paris Region, Green Screen, & Workflows. (2022). *Virtual production: A study on its environmental impact*. <https://www.filmparisregion.com/sites/filmparis/files/2022-11/Synthese%20Green%20screen%20ENGL.pdf>
- Granström, M., Liiske, M., Tramberger, T., & Lökk, T. (2026). Professional learning and skills development in the European film industry: Interest, capacity, learning modes, and future priorities. *Frontiers in Communication*, 10, 1737759. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2025.1737759>
- Hitchen, G., Cusimano, A., & Lazar, T. (2023). *Virtual production ecosystem mapping*. Loughborough University London & BOP Consulting. https://repository.lboro.ac.uk/articles/report/Virtual_production_ecosystem_mapping/24936582/1/files/43891083.pdf
- Hoare, J., Thomas, R. M., Burke, P., Lisk-Lewis, S., & Mothersdale, G. (2026). Disability and innovation in virtual production: Towards an inclusive framework for accessible filmmaking. *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies*. <https://doi.org/10.1177/13548565251410685>
- Jia, X., Berry, A., & Johnston, A. (2025). The evolutionary disruption: A paradigm shift in film and animation industry driven by real-time rendering and virtual production. *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies*. <https://doi.org/10.1177/13548565251356932>
- Keeney, D. (2023). *Virtual production's role in carbon reduction and net zero production in the screen industries* (Future Observatory Cultural Policy Fellowship Report). Studio Ulster at Ulster University. https://futureobservatory.org/files/dcmsreports/futureobservatory_culturalpolicyreport_studioulster.pdf
- Kurta, L., & Pernice, G. (2024). *A silenced sector: Equality, diversity and inclusion challenges in the immersive & virtual production industries*. King's College London. <https://doi.org/10.18742/pub01-176>
- Livingstone, T. (2025). Virtual production at model scale: A case-study of virtual production R&D in Aardman Animations. *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies*. <https://doi.org/10.1177/13548565251394186>
- Méndez-Fernández, R., Sosa-Fernández, R. d. P., Fernández-Ledo, F., & Castelló-Mayo, E. (2025). Democratization of virtual production: Usability analysis of three solutions with different levels of complexity: Professional, educational and cloud-based. *Informatics*, 12(4), 104. <https://doi.org/10.3390/informatics12040104>
- Motion Picture Laboratories. (2021). *Visual language for media creation* (Version 1.0). Motion Picture Laboratories. https://movielabs.com/prodtech/vlmc/ML_Visual_Language_Overview_v1.0.pdf
- Ozimek, A. M. (2020). *Equality, diversity and inclusion in the screen industries: Scoping report*. Screen Industries Growth Network, University of York. <https://screen-network.org.uk/wp-content/uploads/2021/02/Equality-Diversity-and-Inclusion-in-the-Screen-Industries.pdf>
- Pires, F., Silva, R., & Raposo, R. (2022). A survey on virtual production and the future of compositing technologies. En *AVANCA | CINEMA 2022* (pp. 20–27). <https://publication.avanca.org/index.php/avancacinema/article/download/447/879>
- Priadko, O., & Sirenko, M. (2021). Virtual production: A new approach to filmmaking. *Bulletin of Kyiv National University of Culture and Arts. Series in Audiovisual Arts and Production*, 4(1), 52–58. <https://doi.org/10.31866/2617-2674.4.1.2021.235079>

- Samaras, E. (2021). *Safeguarding digital telecinematic history and culture: Archiving film and television visual effects records* [Doctoral thesis, University of Technology Sydney]. OPUS at UTS. <https://opus.lib.uts.edu.au/handle/10453/148877>
- ScreenSkills. (2025, March). *High-end television in the UK: 2024/25 workforce research*. ScreenSkills. https://www.screenskills.com/media/13ofiuuk/skills-fund-research-report-2024-25_final_cover.pdf
- Silva Jasauí, D., Martí-Testón, A., Muñoz, A., Moriniello, F., Solanes, J. E., & Gracia, L. (2024). Virtual production: Real-time rendering pipelines for indie studios and the potential in different scenarios. *Applied Sciences*, 14(6), 2530. <https://doi.org/10.3390/app14062530>
- Spain Film Commission. (2024). *Libro blanco de la producción audiovisual virtual en España*. Spain Film Commission. <https://spainfilmcommission.com/wp-content/uploads/2024/09/Libro-blanco-de-la-produccion-audiovisual-virtual-en-Espana.pdf>
- Spielmann, S., Schuster, A., Götz, K., & Helzle, V. (2016). VPET – A toolset for collaborative virtual filmmaking. In *SIGGRAPH Asia 2016 Technical Briefs*. Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3005358.3005370>
- Swords, J., & Willment, N. (2024a). *The emergence of virtual production: A research agenda*. *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies*. <https://doi.org/10.1177/13548565241253903>
- Swords, J., & Willment, N. (2024b). *'It used to be fix-it in post production! now it's fix-it in pre-production': How virtual production is changing production networks in film and television*. *Creative Industries Journal*. <https://doi.org/10.1080/17510694.2024.2430025>
- Tovell, R., & Williams, N. (2018). Genesis: A pipeline for virtual production. In *Proceedings of the 2018 Digital Production Symposium (DigiPro '18)*. Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3233085.3233090>
- Wang, P. H., Xu, X., & Yang, X. (2023). *Innovation, collaboration and resilience: Understanding the virtual production industry in the UK and China*. Bournemouth University. https://www.bournemouth.ac.uk/sites/default/files/asset/document/InnovationCollaborationResilience20230325_ID.pdf
- Willment, N., Murphy, D., Black, S. R., Mothersdale, G., Harris, J., & Terras, M. (2024). *Innovation in future convergent media and virtual production technologies: Reporting from XR Network+ workshops 2023/4*. XR Network+. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13890675>
- Willment, N., Swords, J., & Thomas, B. (2023). *The evolution of virtual production? Issues and opportunities*. XR Stories, University of York. https://xrstories.co.uk/wp-content/uploads/2023/11/The-Evolution-of-Virtual-Production_final.pdf