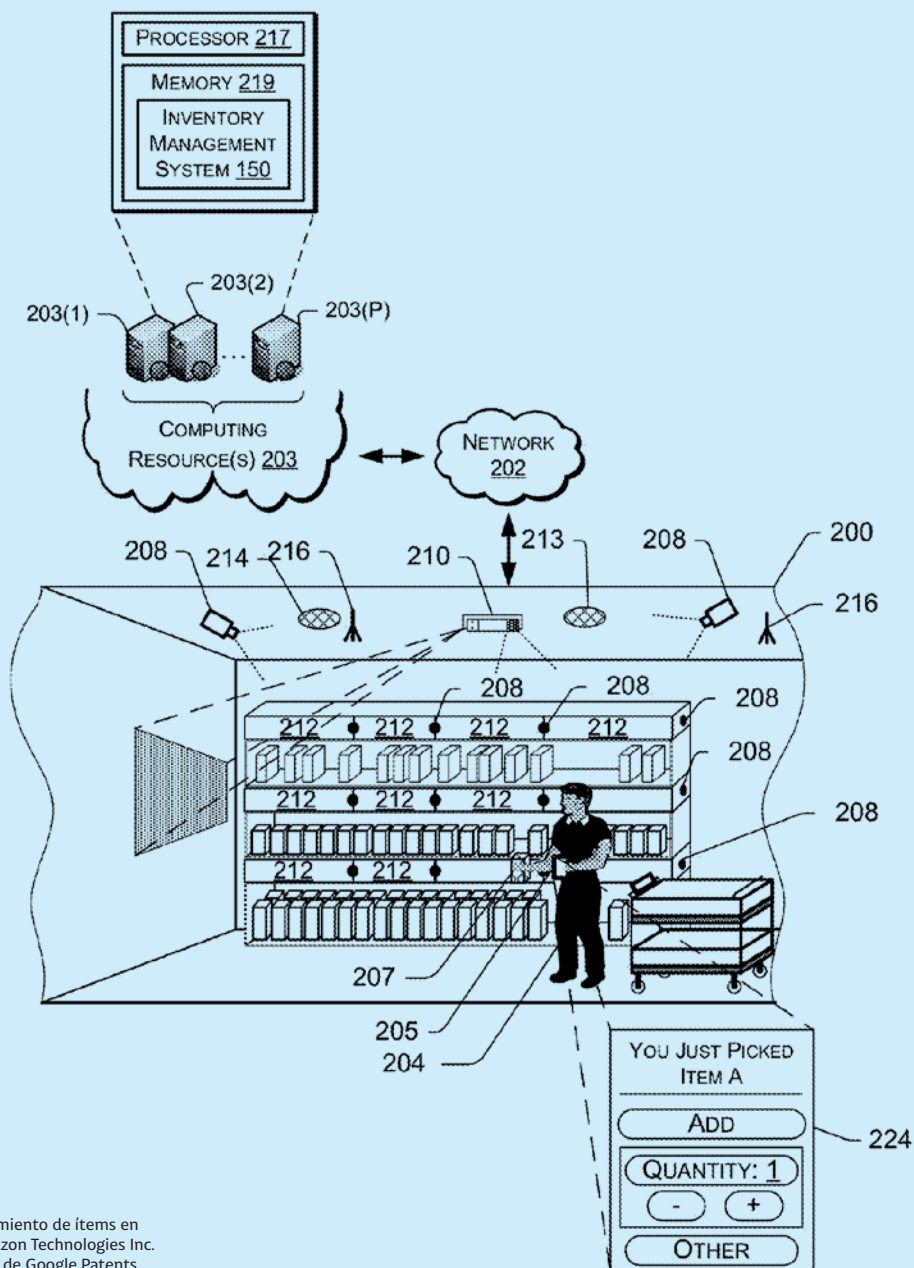




Sistema de seguimiento de ítems en tiempo-real, Amazon Technologies Inc.

Fuente: Obtenido de Google Patents (Solicitud de patente de EE. UU. N.º US20150012396A1), 2015.

© Imagen reproducida bajo el principio de uso legítimo para fines de análisis académico.

Realtime item tracking system, Amazon Technologies Inc. Source: Retrieved from Google Patents (U.S. Patent Application No. US20150012396A1), 2015.

© Image reproduced under fair use for academic analysis.

URBANISMO DE TIEMPO-REAL: ARQUITECTURA DE PAQUETES, PÍXELES Y NEURONAS

REALTIME URBANISM: THE ARCHITECTURE OF PACKETS, PIXELS, AND NEURONS

RESUMEN Los sistemas de tiempo-real fueron definidos originalmente como computadoras lo suficientemente rápidas para influir en procesos externos. Este artículo redefine el *tiempo-real* y propone verlo no como una característica técnica, sino como una formación urbana, política e imperial. Trazando su desarrollo desde las redes imperiales de comunicación y los sistemas de defensa de la Guerra Fría hasta los gemelos digitales y las plataformas inmersivas de la actualidad, introduce el concepto de *urbanismo de tiempo-real* para describir cómo la computación gobierna el espacio, la percepción y la acción a través de bucles sincronizados de retroalimentación. Los sistemas de tiempo-real producen una epistemología basada en la latencia, naturalizan el control como capacidad de respuesta y colapsan la deliberación, reduciéndola a la automatización. Su atractivo —inmediatez, interactividad, extensibilidad— es inseparable de sus límites. El tiempo-real no resuelve los problemas: organiza las condiciones en las que estos persisten.

ABSTRACT Realtime systems were originally defined as computers fast enough to affect external processes. This paper reframes *realtime* not as a technical feature, but as an urban, political, and imperial formation. Tracing its development from imperial communication networks to Cold War defense systems to contemporary digital twins and immersive platforms, it introduces *realtime urbanism* to describe how computation governs space, perception, and action through synchronized feedback loops. Realtime systems produce a latency-driven epistemology, naturalize control as responsiveness, and collapse deliberation into automation. Their appeal—immediacy, interactivity, extensibility—is inseparable from their limits. Realtime does not solve problems; it organizes the conditions under which they persist.

FARZIN LOTFI-JAM

Departamento de Arquitectura,
Cornell University
Ithaca, Estados Unidos

f1385@cornell.edu

<https://orcid.org/0000-0002-7340-5098>

PALABRAS CLAVE

urbanismo militarizado
gemelo digital
ciudades inteligentes
simulación
gobernanza imperial

KEYWORDS

militarized urbanism
digital twin
smart cities
simulation
imperial governance

INTRODUCCIÓN: RETORNOS DEL TIEMPO-REAL

Se ha registrado recientemente una explosión de actividad en tiempo-real.¹ Desde plataformas de comercio minorista que anticipan compras hasta interfaces militares que ejercen violencia remota. Desde sistemas logísticos *on demand* que rastrean repartos hasta simulaciones inmersivas de ciudades completas (Dans, 2020; Astute Analytica, 2025; Marshall, 2025; Young, 2025). Aunque el tiempo-real está en todas partes, rara vez se lo nombra. Respalda tanto las aplicaciones de reparto como los ataques con drones. Se presenta como interactividad, precisión y eficiencia, pero funciona reduciendo el tiempo a una variable gobernable. Mundos físicos, digitales, pasados y futuros se reducen a un único instante operable.

Este artículo propone el concepto de *urbanismo de tiempo-real*: un modo de gobernanza espacial que surge de la convergencia entre computación, comunicación y medios inmersivos, operando en todo el espacio urbano con un mínimo retraso. Su imperativo logístico se construye a partir de paquetes, píxeles y neuronas —las unidades arquitectónicas del tiempo-real— que movilizan datos a través de redes, los representan visualmente y los enrutan a través de la cognición humana. Entornos, poblaciones e individuos se ven arrastrados a regímenes continuos de vigilancia, modelación y gestión anticipatoria.

Lo que distingue al tiempo-real no es solo su velocidad, sino su capacidad de capturar la vida en bucles de retroalimentación, produciendo atención, interactividad y acción sin pausa. Lo históricamente específico del presente es que la latencia que separa la visualización, el procesamiento y la transmisión se ha eliminado por completo. Hace más

INTRODUCTION: REALTIME RETURNS

There has been a recent explosion of realtime activity. From retail platforms anticipating purchases to military interfaces rendering violence remotely. From on-demand logistics tracking deliveries to immersive simulations of entire cities (Dans, 2020; Astute Analytica, 2025; Marshall, 2025; Young, 2025). Realtime is everywhere and yet rarely named. It underwrites delivery apps and drone strikes alike. It appears as interactivity, precision, efficiency, but it functions by reducing time to a governable variable. Physical, digital, past, and future worlds are collapsed into a single operable instant.

This paper proposes the concept of *realtime urbanism*: a mode of spatial governance that emerges from the convergence of computation, communication, and immersive media, operating across urban space with minimal delay. Its logistical imperative is built from packets, pixels, and neurons—the architectural units of realtime—moving data across networks, rendering it visually, and routing it through human cognition. Environments, populations, and individuals are drawn into continuous regimes of monitoring, modeling, and anticipatory management.

What makes realtime distinctive is not just its speed, but its capture of life into feedback loops—producing attention, interactivity, and action without pause. What is historically specific to the present is that the latency separating visual display, computation, and transmission has effectively closed. Over a decade ago, John Carmack—then at id Software—lamented

¹ En la versión original en inglés utilizo *realtime*, escrito como una sola palabra compuesta para distinguir una figura conceptual de definiciones técnicas anteriores. En la literatura de la informática temprana, “tiempo real” se refería a sistemas que respondían dentro de un marco temporal adecuado a los eventos externos (generalmente en contextos militares o industriales). Más tarde, *real-time* se convirtió en un adjetivo unido con guion en los ámbitos de la ingeniería y el comercio para describir sistemas de procesamiento o transmisión

continuos. Lo reduzco a *realtime* para marcar un cambio: de una métrica temporal a una condición espacializada y política, en la que la latencia se convierte en un modo de gobernanza (ver Lotfi-Jam, 2022). *N. del T.*: Dado que en castellano no se usa la fórmula *tiempo-real* con guion, en la traducción se optó por modificar la construcción del término propuesto por el autor.

¹ I use ‘realtime’ as a single compound word to distinguish a conceptual formation from earlier technical definitions. In early computing literature, ‘realtime’ referred to systems that responded within a timeframe appropriate to external events—typically in military or industrial contexts. Later, ‘realtime’ became a hyphenated adjective in engineering and commercial domains, describing continuous processing or streaming systems. I collapse it into

‘realtime’ to mark a shift: from a temporal metric to a spatialized and political condition, in which latency becomes a mode of governance (see Lotfi-Jam, 2022).

de una década, John Carmack (entonces en id Software) lamentaba que enviar un paquete a Europa resultaba más rápido que mandar un píxel a la pantalla.² Hoy, la unidad de procesamiento gráfico (GPU) ha alcanzado a la unidad central de procesamiento (CPU) y a la red. Ahora, la transmisión y el procesamiento de datos, así como la visualización espacial de alta fidelidad, funcionan en tiempo-real. Toda la cadena de retroalimentación —detección, cognición, renderización, respuesta— está sincronizada a través de dominios geográficos y visuales. Como resultado, contamos con una espacialidad inmersiva e interactiva: metaversos, gemelos digitales, realidad virtual e interfaces de comando que tratan al propio mundo como algo manipulable y presente. Estos sistemas no solo reorganizan los campos visuales y cognitivos, sino que también demandan nuevas arquitecturas: centros de datos, entornos de detección e interfaces adaptativas que reconfiguran la forma en que los edificios, las ciudades y las disciplinas de diseño median la acción.

Aunque a menudo es percibido como algo inmaterial —codificado como “nube”, “flujo” o “virtual”, un consentimiento fabricado a través de la ilusión—, el tiempo-real depende de arquitecturas físicas: cables de fibra óptica, GPUs, salas de control, conjuntos de satélites y torres de imágenes térmicas. El tiempo-real no carece de lugar: está alojado, emplazado e incrustado. La arquitectura —históricamente encargada de organizar el espacio y la experiencia— se ve a la vez desplazada e instrumentalizada en este régimen. Ya no media el tiempo y el espacio en sus propios términos, sino que funciona como interfaz, envolvente o transductor.

Este artículo ensambla escenas de los ámbitos militar, urbano y del entretenimiento para exponer su convergencia estructural a través de sistemas de tiempo-real. Transita entre

that he could send a packet to Europe faster than he could push a pixel to the screen. Today, the graphics processing unit (GPU) has caught up with the central processing unit (CPU) and the network. Data transmission, data processing, and high-fidelity spatial visualization now operate in realtime. The entire feedback chain—sensing, cognition, rendering, response—is synchronized across geographic and visual domains. The result is an immersive, interactive spatiality: metaverses, digital twins, virtual reality, and command interfaces that treat the world itself as manipulable and present. These systems not only reorganize visual and cognitive fields, but also demand new architectures: data centers, sensing environments, and adaptive interfaces that reconfigure how buildings, cities, and design disciplines mediate action.

While often perceived as immaterial—coded as ‘cloud,’ ‘stream,’ or ‘virtual,’ consent manufactured through illusion—realtime depends on physical architectures: fiber-optic lines, GPUs, control rooms, satellite arrays, and thermal imaging towers. Realtime is not placeless. It is hosted, housed, and embedded. Architecture—historically tasked with organizing space and experience—is both displaced and instrumentalized in this regime. It no longer mediates time and space on its own terms, but serves as an interface, enclosure, or transducer.

This paper assembles scenes from across military, urban, and entertainment domains to expose their structural convergence through realtime systems. It moves between technical definitions, historical

² John Carmack es una figura fundamental en el campo de la computación gráfica y los videojuegos, conocido principalmente por ser cofundador y director técnico de id Software, donde desarrolló motores de videojuegos fundamentales para Doom, Quake y Wolfenstein 3D, dando forma al género de los videojuegos de disparos en primera persona y al renderizado en tiempo-real. En 2013 se convirtió en *Chief Technology Officer* de Oculus VR, desempeñando un papel clave en los avances de la moderna realidad virtual. La

cita mencionada aquí —“Puedo enviar un paquete IP a Europa más rápido de lo que tardo en enviar un píxel a la pantalla”—, ampliamente difundida, destacaba los cuellos de botella de latencia en la salida de video. En un hilo del foro SuperUser, Carmack profundizó en el comentario, explicando su metodología empírica para medir el retraso en la visualización mediante captura de video de alta velocidad y configuraciones de *hardware* específicas. Ver <https://superuser.com/questions/419070/transatlantic-ping-faster-than-sending-a-pixel-to-the-screen>

² John Carmack is a seminal figure in computer graphics and gaming, best known as co-founder and technical lead at id Software, where he developed foundational game engines for *Doom*, *Quake*, and *Wolfenstein 3D*, shaping the first-person shooter genre and realtime rendering. In 2013, he became *Chief Technology Officer* at Oculus VR, playing a key role in advancing modern virtual reality. The quote referenced here—“I can send an IP packet to Europe faster than I can send a pixel to the

screen”—circulated widely for highlighting latency bottlenecks in visual output. In a SuperUser forum thread, Carmack elaborated on the tweet by explaining his empirical methodology for measuring display lag using high-speed video capture and specific hardware setups. See <https://superuser.com/questions/419070/transatlantic-ping-faster-than-sending-a-pixel-to-the-screen>



Tweet sobre la latencia de visualización, John Carmack, Twitter (ahora X), 20 de abril de 2012, https://x.com/ID_AA_Carmack/status/193480622533120001.
© Captura de pantalla realizada por el autor. Imagen reproducida bajo el principio de uso legítimo para fines de análisis académico.

Tweet on display latency, John Carmack, Twitter (now X), April 20, 2012, https://x.com/ID_AA_Carmack/status/193480622533120001.
© Screenshot by the author. Reproduced under fair use for scholarly commentary.

definiciones técnicas, episodios históricos, violencia geopolítica y paradigmas de interfaz para mostrar cómo el tiempo-real reorganiza la forma en que se gestionan las ciudades, cómo se percibe y produce conocimiento sobre el mundo y cómo se actúa sobre él. El método es comparativo y genealógico: rastrea cómo una lógica operativa creada para el dominio y el control se ha vuelto omnipresente, mundana e invisible, y a la vez infraestructural y afectiva, espectacular y banal. Por lo tanto, este artículo también plantea las siguientes preguntas: ¿Cuál es la arquitectura del tiempo-real? ¿Qué formas, materiales y objetos técnicos sustentan sus operaciones, y qué imaginarios y poderes sostienen estas operaciones?

Para responder a estas preguntas, el artículo plantea cuatro premisas: (1) el tiempo-real es el motor de la interactividad en la computación digital, transformando las computadoras, que dejan de ser máquinas pasivas para convertirse en agentes activos integrados en contextos espaciales, sensoriales y de toma de decisiones; (2) el tiempo-real hace posible una epistemología espacio-temporal estructurada por la latencia, que vincula datos pasados, condiciones presentes y proyecciones futuras en bucles operativos continuos; (3) las arquitecturas de tiempo-real reproducen regímenes imperiales y tecnocráticos, enmarcando el control como capacidad de respuesta y naturalizando la intervención como optimización; y (4) la promesa del tiempo-real —su inmediatez y extensibilidad— es lo que lo vuelve deseable y al mismo tiempo estructuralmente inalcanzable: una fantasía sostenida por los propios fallos que produce.

GENEALOGÍAS DE TIEMPO-REAL

Históricamente, el término “tiempo-real” se refería a sistemas diseñados para responder a eventos externos con suficiente rapidez como para influir en ellos. Estos sistemas fueron desarrollados para gestionar procesos físicos dinámicos, en los que los *outputs* debían producirse dentro de ventanas temporales precisas para resultar efectivos desde el punto de vista operativo. En su estudio sobre los primeros sistemas de tiempo real, Laplante, Rose y Gracia-Watson escriben: “Un sistema de tiempo real es aquel cuya corrección lógica depende tanto de la corrección de sus outputs como de su *puntualidad* [énfasis añadido]” (Laplante et al., 1995, p. 199). Una definición de 1958 lo describe como una computadora “integrada a un sistema de control físico”, que requiere que los *outputs* se adapten al ritmo de los cambios ambientales (Dinneen et al., 1958). Los primeros sistemas —como Whirlwind y SAGE— fueron desarrollados para detectar y responder a amenazas aéreas mediante la vinculación de sensores, computación y *outputs* dentro de bucles de control cerrados. Robert Head describió esto como “paralelizar el procesamiento de datos con un proceso físico”, produciendo

episodios, geopolitical violence, and interface paradigms to show how realtime reorganizes the way cities are managed, and how the world is sensed, known, and acted upon. The method is comparative and genealogical: it traces how an operational logic built for command and control has become ubiquitous, mundane, and invisible—at once infrastructural and affective, spectacular and banal. This paper, therefore, also asks: What is the architecture of realtime? What forms, materials, and technical objects support its operations—and what imaginaries and powers do they sustain?

To answer this, the paper advances four claims: (1) realtime is the engine of interactivity in digital computation—transforming computers from passive machines into active agents embedded in spatial, sensory, and decision-making contexts; (2) realtime enables a spatial-temporal epistemology structured by latency—linking past data, present conditions, and future projections into continuous operational loops; (3) realtime architectures reproduce imperial and technocratic regimes—framing control as responsiveness and naturalizing intervention as optimization; and (4) the promise of realtime—its immediacy and extensibility—is what renders it both desirable and structurally unattainable: a fantasy sustained by the very failures it produces.

REALTIME GENEALOGIES

Historically, realtime referred to systems designed to respond to external events quickly enough to influence them. These systems were developed to manage dynamic physical processes—where outputs needed to arrive within precise temporal windows to be operationally effective. In their survey of early realtime systems, Laplante, Rose, and Gracia-Watson write: “A real-time system is one whose logical correctness depends on the correctness of its outputs as *well as their timeliness* [emphasis added]” (Laplante et al., 1995, p. 199). A 1958 definition describes it as a computer “integral to a physical control system,” requiring that outputs keep pace with environmental change (Dinneen et al., 1958). Early systems—such as Whirlwind and SAGE—were developed to detect and respond to aerial threats by linking sensors, computation, and output within closed control loops. Robert Head described this as “paralleling data processing with a physical process,” producing results immediately

resultados inmediatamente útiles para las operaciones en curso (Head, 1964, como se citó en Laplante et al., 1995, p. 199). Como señala el historiador David Grier, este enfoque redefinió la computadora, que pasó de ser una calculadora de alta velocidad a convertirse en un sistema continuamente interactivo, estructurado en torno a la detección de eventos, las restricciones temporales y la capacidad de respuesta.³

Estas primeras definiciones cristalizaron el tiempo-real como un modo de gobernanza ambiental. La computadora digital —su arquitectura, sus protocolos y su lógica operativa— fue inventada para cumplir esta función. Las infraestructuras de detección que actualmente gestionan edificios y ciudades, las doctrinas de diseño basadas en modularidad y optimización, y las epistemologías de la computación arquitectónica surgen todas de este linaje. El tiempo-real no fue una aplicación posterior de la computación al entorno construido, sino la razón misma por la que originalmente se construyó la computadora. El tiempo-real surgió a través de infraestructuras diseñadas para gobernar el espacio mediante señales. Andrea Miller nos invita a ampliar el modo en que historizamos la gobernanza algorítmica, rastreando sus orígenes en prácticas protocológicas de clasificación, ordenación y control imperial, no solo como un fenómeno digital, sino como parte de formaciones infraestructurales y coloniales más amplias (Miller, 2016). El tiempo-real hereda su lógica de sistemas anteriores de comunicación y consolidación de imperios, especialmente la telegrafía, que hizo gobernable el territorio al sincronizar tiempo y señal. Estas infraestructuras redujeron la distancia para coordinar el dominio.

Un momento revelador tuvo lugar el 24 de septiembre de 1858, cuando una línea telegráfica transmitió su primera señal eléctrica a través del jardín Bag-e Lalezar en Teherán. La línea, que se ponía en funcionamiento con la presencia del Shah Naser al-Din —y había sido construida con el apoyo de Malkom Khan, instructores militares austríacos y expertos de la Escuela Politécnica Dar al-Fonun—, conectaba la corte real con la facultad de ciencias, transformando una exhibición ceremonial en un indicador de la transformación técnica global (Shahvar, 2009). Esto marcó el comienzo

useful to ongoing operations (Head, 1964, as cited in Laplante et al., 1995, p. 199). As historian David Grier notes, this approach redefined the computer from a high-speed calculator into a continuously interactive system—structured around event detection, temporal constraint, and response.³

These early definitions crystallized realtime as a mode of environmental governance. The digital computer—its architectures, protocols, and operative logic—was invented to serve this function. The sensing infrastructures that now manage buildings and cities, the design doctrines of modularity and optimization, and the epistemologies of architectural computation all emerge from this lineage. Realtime was not a later application of computing to the built environment—it was the very reason the computer was built in the first place. Realtime emerged through infrastructures built to govern space via signal. Andrea Miller invites us to expand how we historicize algorithmic governance by tracing its origins through protocological practices of sorting, classification, and imperial control—not only as a digital phenomenon, but as part of longer infrastructural and colonial formations (Miller, 2016). Realtime inherits its logics from earlier systems of communication and empire—especially telegraphy, which made territory governable by synchronizing time and signal. These infrastructures collapsed distance to coordinate command.

One instructive moment comes on September 24, 1858, when a telegraph line transmitted its first electric signal across the Bag-e Lalezar garden in Tehran. Observed by Naser al-Din Shah and built with support from Malkom Khan, Austrian military instructors, and the Dar al-Fonun Polytechnic, the line linked the royal court to the science college—transforming a ceremonial display into an index of global technical transformation (Shahvar, 2009). This marked both a real and symbolic beginning

³ Grier se basa en el trabajo de M. Mitchell Waldrop, en particular en *The Dream Machine*, para argumentar que sistemas como SAGE provocaron un cambio en la forma en que ingenieros e investigadores conceptualizaban

la computación, pasando del procesamiento por lotes a la interactividad en tiempo-real. Figuras como J.C.R. Licklider desempeñaron un papel clave en la articulación de esta reorientación (ver Grier, 2002).

³ Grier draws on work by M. Mitchell Waldrop, particularly *The Dream Machine*, to argue that systems like SAGE prompted a shift in how engineers and researchers conceptualized computing—from batch processing to

realtime interactivity. Figures such as J.C.R. Licklider played a key role in articulating this reorientation (see Grier, 2002).

tanto real como simbólico de la integración de la tecnología en la gobernanza. Apenas un año antes, el levantamiento de 1857 en la India británica había puesto de manifiesto la fragilidad de la autoridad imperial: la rebelión superó a la comunicación. En respuesta, Gran Bretaña aceleró la instalación de la línea telegráfica indo-europea, que conectaba Londres con Calcuta a través de Teherán, integrando el sudoeste asiático en un sistema nervioso imperial más amplio (Ewing, 2013; Shahvar, 2007). Lo que tomaba forma no era todavía la computación, sino una arquitectura material de tiempo-real: pulso, señal, retardo, respuesta. El espacio se volvió medible y accionable: la latencia se convirtió en una condición de riesgo.

El sudoeste de Asia se convertiría una y otra vez en un banco de pruebas para estos sistemas y, más tarde, en una primera línea para el desarrollo de la computación de tiempo-real, primero bajo los imperios europeos y luego bajo el sistema mundial liderado por Estados Unidos. Comparte esta condición con América del Norte: juntos forman el corredor operativo a través del cual los sistemas de tiempo-real han circulado, se han perfeccionado y se han desplegado al servicio de la dominación, el extractivismo y las logísticas imperiales. Estas dos geografías — vinculadas no por la cultura, sino por la arquitectura del imperio— definen las coordenadas de este ensayo. Hoy, este entramado de imperio, computación y geografía se manifiesta en múltiples ámbitos —de manera más visible en los sistemas militares, los medios de entretenimiento y la gestión urbana—, cada uno de ellos moldeado por las mismas arquitecturas de tiempo-real.

URBANISMO DEL COMPLEJO MILITAR-ENTRETENIMIENTO

Timothy Lenoir y Henry Lowood (2008) describen el “complejo militar-entretenimiento” como una asociación estructural entre las industrias de la defensa y el entretenimiento, mediante la cual las tecnologías de simulación desarrolladas para el entrenamiento militar se transfieren a la industria comercial de los videojuegos, donde posteriormente se perfeccionan y se vuelven a utilizar en ámbitos militares. Este flujo de herramientas técnicas y conocimientos especializados ha impulsado el crecimiento de los videojuegos como medio de entretenimiento de masas, mejorando al mismo tiempo el realismo y la eficacia de las plataformas de entrenamiento militar (Lenoir & Lowood, 2008; ver también Lenoir, 2000; Lenoir & Caldwell, 2018). Las tecnologías de simulación circulan entre estos ámbitos: se desarrollan en contextos de defensa, se adaptan al entretenimiento y se reutilizan para preparar futuras guerras. Aquí añado un tercer eje a esta diáda: el urbanismo.

of technology’s integration with governance. Just a year earlier, the 1857 uprising in British India had exposed the brittleness of imperial authority: rebellion outpaced communication. In response, Britain accelerated the Indo-European Telegraph Line, connecting London to Calcutta via Tehran—embedding Southwest Asia into a wider imperial nervous system (Ewing, 2013; Shahvar, 2007). What took shape was not yet computation, but the material architecture of realtime: pulse, signal, delay, response. Space became measurable and actionable; latency became a condition of risk.

Southwest Asia would become a recurrent testbed for these systems, and later a frontline in the development of realtime computation—first under European empires, then under the U.S.-led world system. It shares this condition with North America: together they form the operational corridor through which realtime systems have circulated, been refined, and deployed in service of domination, extraction, and imperial logistics. These two geographies—linked not by culture but by the architecture of empire—define the coordinates of this essay. Today, this wiring of empire, computation, and geography manifests across multiple domains—most visibly in military systems, entertainment media, and urban management—each shaped by the same realtime architectures.

MILITARY ENTERTAINMENT URBANISM

Timothy Lenoir and Henry Lowood (2008) describe the ‘military-entertainment complex’ as a structural partnership between the defense and entertainment sectors, in which simulation technologies developed for military training are transferred to the commercial gaming industry and subsequently refined and redeployed. This flow of technical tools and expertise has fueled the growth of videogames as a mass entertainment medium while simultaneously enhancing the realism and efficacy of military training platforms (Lenoir & Lowood, 2008; see also Lenoir, 2000; Lenoir & Caldwell, 2018). Simulation technologies circulate across these domains—developed in defense contexts, adapted for entertainment, and repurposed in preparation for future warfare. To this dyad, I add a third axis: urbanism.

Today, most military conflicts are urban. The city has become both target and laboratory—from ‘cop

En la actualidad, la mayoría de los conflictos militares son urbanos. La ciudad se ha convertido tanto en objetivo como en laboratorio: desde las “ciudades de entrenamiento policial” hasta las armas diseñadas para eliminar a la población civil. Muchas de las llamadas “guerras” se definen ahora exclusivamente por las víctimas civiles, reclasificadas en tiempo-real como “terroristas”, “amenazas a la seguridad” o “daños colaterales”. Las tecnologías militares regresan a la ciudad como herramientas de gobernanza, reconfigurando la vida urbana a través de redes de sensores, vigilancia predictiva, gemelos digitales y logística impulsada por inteligencia artificial. Estos sistemas operan mediante las mismas infraestructuras de tiempo-real que la guerra con drones y los videojuegos fotorrealistas. Si Lenoir (2000) trazó el vínculo entre la simulación en el combate y los videojuegos, el urbanismo de tiempo-real integra esta convergencia al entorno construido, transformando la gobernanza en una operación espacial y computacional. La capacidad de detectar, modelar e intervenir con un retraso mínimo define la trayectoria actual de los sistemas militares, de entretenimiento y urbanos. El tiempo-real es la condición operativa compartida que permite la existencia de los tres.

Las infraestructuras de tiempo-real también revelan la continuidad imperial. Los días 17 y 18 de septiembre de 2024, miles de buscapersonas y *walkie-talkies* explotaron a lo largo del Líbano y de Siria, causando la muerte de al menos 42 personas y dejando más de 4.000 heridos (muchos de ellos con lesiones graves, como la pérdida de extremidades, traumatismos oculares y daños cerebrales). Ampliamente atribuido a una operación del Mossad, el ataque fue elogiado en algunos medios de comunicación por su “precisión tecnológica”, a pesar de haber tenido como objetivo zonas densamente pobladas por civiles y de estar diseñado para incapacitar, más que para matar.⁴ Las cifras de víctimas probablemente subestiman el impacto real debido a las limitaciones para su reporte, el colapso de la infraestructura médica y el tratamiento político de los daños a la población civil como “daños colaterales” (Murphy & Tidy, 2024).

El 13 de junio de 2025, Israel lanzó un ataque aéreo coordinado sobre Irán, arrojando más de 330 municiones en más de 100 localidades. Según informes del Gobierno iraní, al menos 224 personas murieron y más de 1.200 resultaron

ciudades’ to weapons engineered for the elimination of civilian populations. Many so-called ‘wars’ are now defined entirely by civilian casualties, rebranded in realtime as terrorists, security threats, or collateral damage. Military technologies return to the city as tools of governance—reshaping urban life through sensor networks, predictive policing, digital twins, and AI-driven logistics. These systems operate through the same realtime infrastructures as drone warfare and photorealistic games. If Lenoir (2000) charted the simulation of combat and play, realtime urbanism embeds this convergence into the built environment, transforming governance into a spatial and computational operation. The ability to sense, model, and intervene with minimal delay defines the current trajectory of military, entertainment, and urban systems. Realtime is the shared operational condition that enables all three.

Realtime infrastructures also reveal imperial continuity. On September 17 and 18, 2024, thousands of pagers and walkie-talkies exploded across Lebanon and Syria, killing at least 42 people and injuring more than 4,000—many with severe maiming injuries, including limb loss, eye trauma, and brain damage. Widely attributed to a Mossad operation, the attack was praised in some media for its ‘technological precision,’ despite targeting densely populated civilian areas and being designed to incapacitate rather than only kill.⁴ Casualty figures likely underrepresent the true toll due to reporting constraints, overwhelmed medical infrastructure, and the political framing of civilian harm as ‘collateral’ (Murphy & Tidy, 2024).

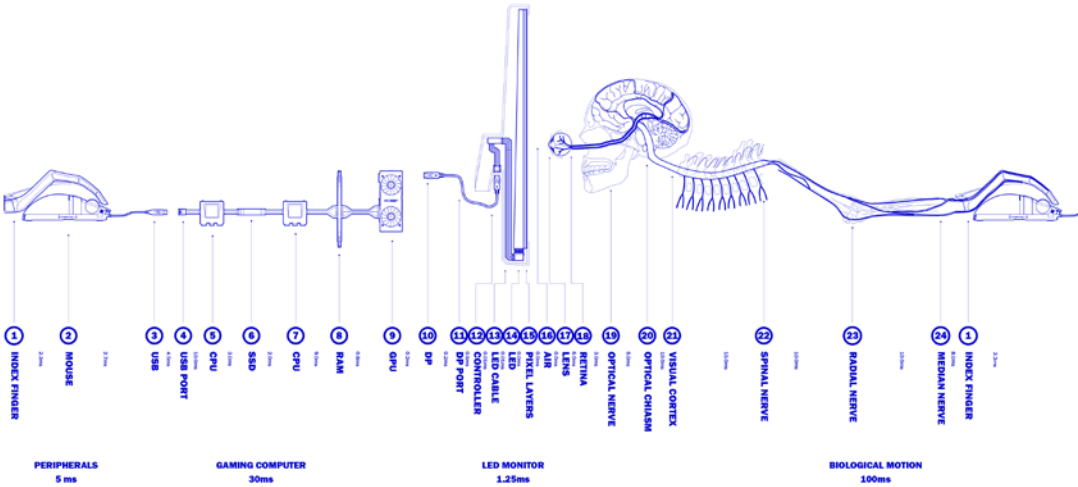
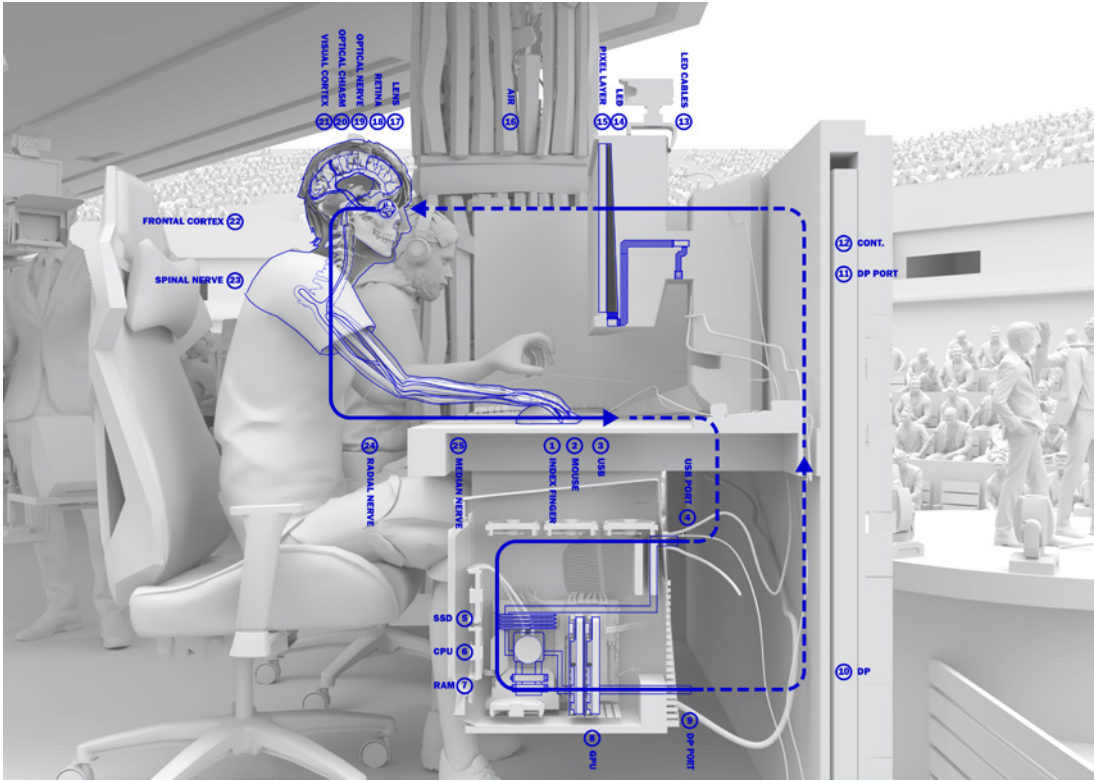
On June 13, 2025, Israel launched a coordinated aerial assault on Iran, deploying more than 330 munitions across over 100 sites. At least 224 people were killed and more than 1,200 injured, according to Iranian government reports. Most casualties occurred in urban areas, raising questions about the selective invocation of ‘precision’ in dense civilian zones. Meanwhile, in Gaza, between October 2023 and January 2025, over 56,500

⁴ Para un análisis más detallado del uso de la mutilación como táctica biopolítica deliberada por parte de Israel, ver la obra de Jasbir Puar titulada *The Right to Maim: Debility, Capacity*,

Disability (2017), que examina cómo la violencia estatal opera no solo a través del asesinato, sino también a través de la producción estratégica de lesiones.

⁴ For an extended analysis of Israel’s use of maiming as a deliberate biopolitical tactic, see Jasbir Puar’s *The Right to Maim: Debility, Capacity, Disability* (2017),

which examines how state violence operates not only through killing but through the strategic production of injury.



ARRIBA Diagrama espacial de la latencia computacional en la Fortnite World Cup de 2019, Farzin Lotfi-Jam, 2019.
© Imagen generada por el autor a partir del análisis de datos públicos del evento.

ABOBE Spatial diagram of computational latency at the 2019 Fortnite World Cup, Farzin Lotfi-Jam, 2019.
© Author-generated image based on analysis of public event data.

ABAJO Diagrama de trayectoria de la latencia computacional en la Fortnite World Cup de 2019, Farzin Lotfi-Jam, 2019.
© Imagen generada por el autor a partir del análisis de datos públicos del evento.

BELLOW Trajectory diagram of computational latency at the 2019 Fortnite World Cup, Farzin Lotfi-Jam, 2019.
© Author-generated image based on analysis of public event data.

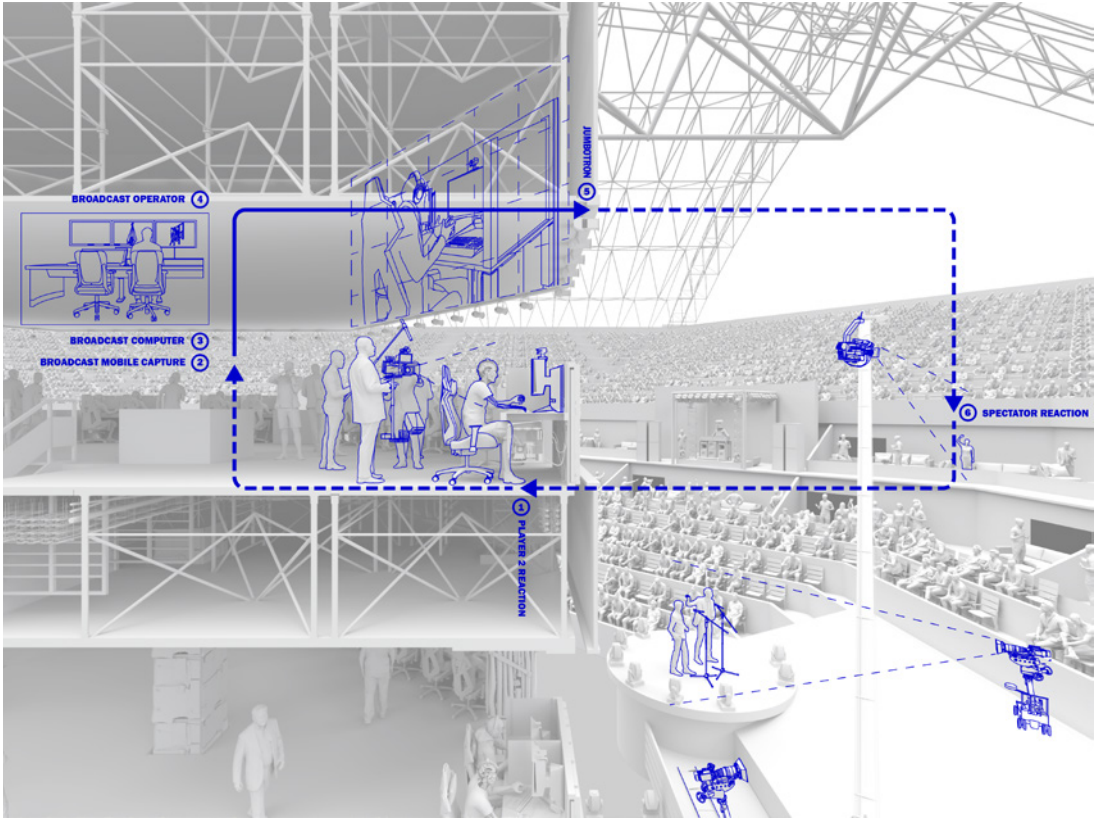


Diagrama espacial de la latencia de transmisión en la Fortnite World Cup de 2019, Farzin Lotfi-Jam, 2019.
© Imagen generada por el autor a partir del análisis de datos públicos del evento.

Spatial diagram of broadcast latency at the 2019 Fortnite World Cup, Farzin Lotfi-Jam, 2019.
© Author-generated image based on analysis of public event data.

heridas. La mayoría de las víctimas estaban en zonas urbanas, lo que plantea interrogantes sobre la invocación selectiva de la “precisión” en zonas densamente pobladas por civiles. Mientras tanto, en Gaza, entre octubre de 2023 y enero de 2025, se registraron más de 56,500 muertes. Los especialistas en derecho describen cada vez más esta campaña como un genocidio, ejecutado mediante cadenas de muerte asistidas por inteligencia artificial, sistemas de selección de objetivos basados en sensores y plataformas integradas de mando. Estos sistemas enactan una lógica operativa que trata a los civiles como puntos de datos, reclasificados en tiempo-real como “combatientes”, “amenazas” o “daños colaterales”. Es probable que el número oficial de muertos omita decenas de miles de víctimas debido al colapso de las infraestructuras y al ocultamiento sistemático de los daños. Durante las primeras etapas del genocidio —antes de que Israel destruyera las infraestructuras de comunicación y atacara sistemáticamente a los periodistas palestinos— los palestinos retransmitieron en directo su propia destrucción en las redes sociales. Estos actos de testimonio, concebidos para resistir el borrado, se convirtieron en vigilancia: la visibilidad misma se convirtió en un vector de ataque (Downey, 2025; Hannun, 2024; Musleh, 2018; Nueno Guitart, 2024).

Esto no es algo independiente de la infraestructura urbana inteligente: es su prototipo no reconocido. El concepto de *urbanismo militarizado* que propone Stephen Graham, basado en el “efecto boomerang” de Foucault, describe cómo las técnicas coloniales de control regresan a los territorios a través de los sistemas urbanos (Graham, 2011). El tiempo-real intensifica esta lógica al desplazar el lugar de gobernanza. La destrucción y la gestión son ahora transnacionales, ejecutadas desde centros de mando, centros de datos y empresas de *software* ubicadas lejos de las ciudades sobre las que actúan. Gaza se convierte en un nodo dentro de un sistema de mando planetario, cuya forma construida es gobernada por una arquitectura distribuida de detección, modelación e intervención.

Esta lógica distribuida se extiende más allá del campo de batalla. Universidades, empresas y *startups* participan en circuitos de computación militarizada.⁵ Empresas israelíes como Elbit Systems exportan tecnologías bélicas para ser usadas en operaciones policiales o fronterizas en Estados

deaths were reported. Legal scholars increasingly describe the campaign as genocide, executed through AI-assisted kill chains, sensor-driven targeting, and integrated command platforms. These systems enact an operational logic that treats civilians as data points—reclassified in realtime as combatants, threats, or collateral. The official death toll likely omits tens of thousands due to infrastructure collapse and systemic obfuscation of harm. During the early stages of the genocide—before Israel’s destruction of communication infrastructure and systematic targeting of Palestinian journalists—Palestinians livestreamed their own destruction on social media. These acts of witnessing, meant to resist erasure, collapsed into surveillance: visibility itself becoming a vector of targeting (Downey, 2025; Hannun, 2024; Musleh, 2018; Nueno Guitart, 2024).

This is not separate from smart urban infrastructure—it is its unacknowledged prototype. Stephen Graham’s concept of *militarized urbanism*, drawing on Foucault’s ‘boomerang effect,’ describes how colonial techniques of control return home through urban systems (Graham, 2011). Realtime intensifies this logic by displacing the site of governance. Destruction and management are now transnational, executed from command centers, data hubs, and software firms far from the cities they act upon. Gaza becomes a node in a planetary command system, its built form governed by a distributed architecture of sensing, modeling, and intervention.

This distributed logic extends beyond the battlefield. Universities, corporations, and startups participate in circuits of militarized computation.⁵ Israeli firms like Elbit Systems export wartime technologies to U.S. police and border operations. Palantir explicitly links battlefield platforms with civic infrastructure, framing its mission in civilizational terms and dissolving the boundary between combatant and civilian. In 2024, advertisements at Philadelphia

⁵ La Relatora Especial de las Naciones Unidas sobre la situación de los derechos humanos en los territorios palestinos sostiene que una “maquinaria corporativa”

sustenta las industrias militares y de vigilancia de Israel, muchas de las cuales exportan tecnologías a regímenes aliados y fuerzas de seguridad nacionales en el extranjero (ver Albanese, 2025).

⁵ The UN Special Rapporteur on the situation of human rights in the Palestinian territories argues that a ‘corporate machinery’ underpins Israel’s military

and surveillance industries, many of which export technologies to allied regimes and domestic security forces abroad (see Albanese, 2025).

Unidos. Palantir vincula explícitamente las plataformas de combate con la infraestructura cívica, enmarcando su misión en términos civilizatorios y disolviendo la frontera entre combatientes y civiles. En 2024, anuncios en las estaciones de buses de Filadelfia declaraban: “Creamos Palantir para garantizar el futuro de Estados Unidos... en todo el campo de batalla: creamos para dominar” (Schwartzel, 2025). Este lenguaje señala un cambio en la retórica posterior al 11-S: ya no se trata de “mantener nuestra seguridad frente a amenazas futuras”, sino de una afirmación desvergonzada de “dominación”. Sistemas que antes se justificaban como protectores ahora están integrados en la vida urbana cotidiana y la controlan.

Actualmente, el sector tecnológico está cada vez más organizado en torno a mandatos de seguridad nacional. El capital de riesgo, la investigación en inteligencia artificial y la tecnología urbana siguen los patrones de innovación subvencionada por el Estado que existían en la Guerra Fría, pero con herramientas actualizadas: redes neuronales, fusión de sensores, vigilancia policial predictiva. El resultado es un urbanismo entrelazado con sistemas militares, no en sentido figurado, sino en términos de infraestructura. Las ciudades se han convertido en zonas operativas dentro de una arquitectura de guerra permanente. Y esta militarización abre un nuevo frente perceptivo: la atención misma se convierte en un campo de batalla.

EPISTEMOLOGÍAS DE TIEMPO-REAL

El tiempo-real estructura una epistemología visual definida por la latencia. Consideremos un hecho banal: una persona se sienta frente a su computadora y presiona una tecla o mueve el *mouse*. Esto desencadena procesos paralelos: un paquete de datos viaja a un servidor remoto y vuelve en 200 milisegundos; un píxel se actualiza en la pantalla en 40–100 milisegundos; la información visual se procesa en el cerebro en tan solo 13 milisegundos; se envía una señal a través del sistema nervioso, lo que inicia un nuevo gesto: otro clic, otro comando. Estas latencias forman un bucle de retroalimentación cerrado: percepción, computación, acción, percepción. La misma estructura rige las interfaces de los drones, los entornos de diseño de tiempo-real y los sistemas logísticos automatizados. El dedo está conectado al ojo a través de la GPU, a centros de datos remotos a través de redes de fibra óptica y a infraestructuras globales de mando a través del diseño de interfaces y protocolos de sensores.

Dentro de este ensamblaje informacional-físico, la trayectoria en tiempo-real forma una arquitectura efímera —que dura menos de 250 milisegundos— pero que resulta fundamental para la forma en que el espacio se percibe

bus stations declared: “We build Palantir to ensure America’s future... across the battlefield—we build to dominate” (Schwartzel, 2025). This language signals a shift from post-9/11 rhetoric of “keeping us safe from future threats” to an unabashed assertion of ‘domination.’ Systems once justified as protective are now embedded in and controlling everyday urban life.

Today’s tech sector is increasingly organized around national security mandates. Venture capital, AI research, and urban technology follow Cold War patterns of state-subsidized innovation, but with updated tools: neural nets, sensor fusion, predictive policing. The result is an urbanism entangled with military systems—not by metaphor, but by infrastructure. Cities have become operational zones in an architecture of permanent war. And this militarization opens a new perceptual front—where attention itself becomes a battleground.

REALTIME EPISTEMOLOGIES

Realtime structures a visual epistemology defined by latency. Consider a banal occurrence: a person sits at their computer and presses a key or moves their mouse. This triggers parallel processes—a data packet travels to a remote server and back in 200 milliseconds; a pixel updates on screen in 40–100 milliseconds; visual input is processed in the brain in as little as 13 milliseconds; a signal is sent through the nervous system, initiating a new gesture—another click, another command. These latencies form a closed feedback loop: perception, computation, action, perception. The same structure governs drone interfaces, realtime design environments, and automated logistics systems. The finger is linked to the eye via GPU, to remote data centers via fiber-optic networks, and to global command infrastructures via interface design and sensor protocols.

Within this informational-physical assemblage, the realtime path forms an ephemeral architecture—alive for less than 250 milliseconds—yet foundational to how space is sensed, organized, and acted upon. It does not take the form of traditional building, yet it structures experience, produces environments, and demands architectural attention. Realtime operates as a spatial, temporal, and imperial

y se organiza, y también para la manera en que se actúa sobre él. No adopta la forma de un edificio tradicional, pero estructura la experiencia, produce entornos y exige atención arquitectónica. El tiempo-real opera como una infraestructura espacial, temporal e imperial que los arquitectos deben aprender a reconocer y a utilizar.

Para poner un ejemplo más espectacular, tomemos la Fortnite World Cup de 2019, cuando el estadio Arthur Ashe fue reconfigurado para transformarse en un entorno con dos propósitos: por un lado, convertirse en una red computacional sincronizada y, por otro, ofrecer un espectáculo audiovisual. Cien jugadores se sentaron suspendidos en una estructura octogonal, cada uno en una estación de juego conectada mediante una red LAN de baja latencia a los servidores de Epic Games. Esta configuración garantizaba la simultaneidad entre todos los nodos, manteniendo un estado de juego compartido con un margen de latencia inferior a 20 milisegundos. Este sistema es un ejemplo de computación de tiempo-real: un modelo derivado de las simulaciones de la época de la Guerra Fría, donde la sincronización (y no solo la velocidad) gobierna los entornos distribuidos. La arquitectura del juego dependía aquí de la ausencia de deriva: las entradas de cada jugador se enrutaban y registraban dentro de un bucle estrictamente controlado que definía la participación en el mismo mundo virtual.

Alrededor de este sistema había una segunda infraestructura de tiempo-real: un canal de transmisión cinematográfica basado en la lógica televisiva de la transmisión en vivo. La transmisión en directo de Epic combinaba imágenes tomadas con drones, cámaras web, cámaras montadas en grúas y superposiciones de realidad aumentada renderizadas mediante Unreal Engine y rastreadas con el sistema de seguimiento de cámara Ncam. Estas transmisiones se distribuían a través de Twitch, YouTube y ventanas dentro del juego, transformando la experiencia de juego en un espectáculo orquestado. El público no veía directamente a los jugadores, sino que consumía imágenes encuadradas, seleccionadas y compuestas, configuradas por el control editorial y las convenciones históricas de la retransmisión televisiva en directo. Los dos sistemas de tiempo-real —sincronización de red y puesta en escena cinematográfica— eran adyacentes pero interdependientes. El estadio se convirtió en una arquitectura de visibilidad mediada, donde el tiempo de la máquina y el tiempo de la emisión se alineaban para producir una nueva tipología: no una de presencia colectiva en torno a un evento singular, sino una de atención coordinada a través de sistemas técnicos estratificados. Esto es urbanismo de tiempo-real como interfaz en vivo, donde la acción, la visión y el control son codiseñados espacial y temporalmente.

infraestructura—one that architects must learn to recognize and engage.

For a more spectacular example, at the 2019 Fortnite World Cup, Arthur Ashe Stadium was reengineered into a dual-purpose environment: part synchronized computational network, part broadcast spectacle. One hundred players sat suspended in an octagonal rig, each at a networked gaming station connected via low-latency LAN to Epic Games servers. This setup ensured simultaneity across all nodes—maintaining a shared game state within a latency budget under 20 milliseconds. This system exemplifies computational realtime: a model derived from Cold War-era simulation where synchronization, not just speed, governs distributed environments. The architecture of gameplay here depended on the absence of drift—each player's input routed and registered within a tightly managed loop that defined participation in the same virtual world.

Surrounding this system was a second realtime infrastructure: a cinematic broadcast pipeline rooted in televisual logics of liveness. Epic's live production spliced together drone footage, webcams, crane-mounted cameras, and AR overlays rendered through Unreal Engine and Ncam tracking. These feeds were distributed across Twitch, YouTube, and in-game windows—transforming gameplay into an orchestrated spectacle. The audience didn't watch players directly but consumed framed, curated, and composited views shaped by editorial control and historical conventions of televised liveness. The two realtime systems—network synchronization and cinematic staging—were adjacent but interdependent. The stadium became an architecture of mediated visibility, where machine-time and broadcast-time were aligned to produce a new typology: not one of collective presence around a singular event, but of coordinated attention across layered technical systems. This is realtime urbanism as lived interface—where action, vision, and control are spatially and temporally co-engineered.

For architectural design, the tension between celebration, critique and complicity remains unresolved. Architecture is often asked to visualize, host, or interface with these systems, even as it is displaced by them. Tactical uses of realtime

En el diseño arquitectónico, la tensión entre celebración, crítica y complicidad sigue sin resolverse. A menudo se pide a la arquitectura que visibilice, acoja o interactúe con estos sistemas, incluso cuando es desplazada por ellos. Los usos tácticos de herramientas de tiempo-real —para defender a los vulnerables o documentar injusticias— pueden ofrecer intervenciones a corto plazo, pero no constituyen una ruptura. Lo que se necesita es una arquitectura contracomputacional: una arquitectura basada en la negación, la opacidad y la solidaridad.

Ariella Aïsha Azoulay nos llama a desaprender el imperialismo repensando la fotografía no como representación, sino como captura: un mecanismo que fija a las personas dentro de marcos imperiales (Azoulay, 2019). La computación de tiempo-real opera de manera similar: preencuadra el mundo, haciéndolo visible, cognoscible y accionable por adelantado. Resistir esto implica rechazar la exigencia de captura y computación constante, e imaginar prácticas espaciales y mediáticas que interrumpan la arquitectura del instante.

Esta arquitectura de retroalimentación también define una forma de conocimiento ampliamente adoptada en el discurso urbano. En el Prólogo del volumen de 2009 *Handbook of Research on Urban Informatics: The Practice and Promise of the Real-Time City*, Anthony Townsend describió el cambio hacia la computación urbana de tiempo-real como un punto de inflexión: “Después de 50 años incubando tecnologías de información digital en las computadoras personales, estamos ahora en un punto en el que estas se convertirán en un componente inextricable de la vida social y económica cotidiana de los habitantes de todas las ciudades del planeta” (p. xxiii). En el Prefacio, Marcus Foth, editor del volumen, lo describe como el uso de herramientas de tiempo-real “para representar lo invisible” y “ampliar la resolución detallada de los entornos urbanos” (2008, p. xxix). Carlo Ratti, coautor de dos capítulos, describe dos modos de detección: el primero, a través de sensores que generan conjuntos de datos específicos (Sevtsuk et al., 2009); el segundo, a través de detección oportunista, que extrae datos de teléfonos móviles y redes sociales (Calabrese et al., 2009; ver también Ratti, 2017). Cada una de estas perspectivas centra la velocidad, la resolución y la trazabilidad como prioridades epistémicas.

De este modo, el tiempo-real se convierte tanto en método como en objeto: una forma de organizar la percepción mediante retroalimentación y anticipación. Privilegia la capacidad de respuesta sobre la deliberación, la resolución sobre el contexto. De manera crítica, el tiempo-real no se aplica de manera uniforme ni equitativa. No monitorea los delitos financieros, no hace cumplir la regulación

tools—to defend the vulnerable or document injustice—may offer short-term interventions, but they do not constitute a rupture. What is needed is a counter-computational architecture: one grounded in refusal, opacity, and solidarity.

Ariella Aïsha Azoulay calls on us to unlearn imperialism by rethinking photography not as representation but as capture—a mechanism that fixes people within imperial frames (Azoulay, 2019). Realtime computation operates similarly: it pre-frames the world, rendering it visible, knowable, and actionable in advance. To resist this is to reject the demand for constant capture and computation, and to imagine spatial and media practices that interrupt the architecture of the instant.

This feedback architecture also defines a way of knowing—one widely embraced in urban discourse. In the Foreword to the 2009 volume *Handbook of Research on Urban Informatics: The Practice and Promise of the Real-Time City*, Anthony Townsend described the shift to realtime urban computation as a turning point: “After 50 years of incubating digital information technologies on the desktop, we are now at a point where they are to become inextricably woven into the everyday social and economic life of dwellers in every city on the planet” (p. xxiii). In the Preface, Marcus Foth, the editor of the volume, set out its aim as using realtime tools “to picture the invisible” and “zoom into a fine-grained resolution of urban environments” (2008, p. xxix). Carlo Ratti co-authors two chapters in which he outlines two modes of sensing: the first, through sensors that generate dedicated datasets (Sevtsuk et al., 2009); the second, through opportunistic sensing that extracts data from mobile phones and social media (Calabrese et al., 2009; see also Ratti, 2017). Each of these perspectives centers speed, resolution, and traceability as epistemic priorities.

Realtime thus becomes both method and object—a way of organizing perception through feedback and anticipation. It privileges responsiveness over deliberation, resolution over context. Critically, realtime is not evenly applied. It does not monitor financial crime, enforce environmental regulation, or strengthen public health. It does not optimize food, housing, or education. Instead, it is overwhelmingly deployed for policing, logistics, and real estate speculation.

medioambiental ni refuerza la salud pública. No optimiza la alimentación, la vivienda o la educación. En cambio, se utiliza abrumadoramente para la vigilancia policial, la logística y la especulación inmobiliaria.

El tiempo-real protege a los ricos y gobierna a los pobres. La decisión de Elon Musk de prohibir el *bot* de Twitter que rastreaba su *jet* privado ilustra esta asimetría: cuando los poderosos son expuestos, el sistema simplemente se apaga. El tiempo-real no pregunta qué significa la ciudad: pregunta qué tan rápido se mueve, cómo se puede monitorear, predecir y optimizar. Este enfoque desplaza otros modos de entender la ciudad, aquellos basados en la memoria, la lucha o la interpretación colectiva.

El tiempo-real ignora la ciudad situacionista de la deriva y el delirio, donde la experiencia psicogeográfica es importante; pasa por alto la ciudad activista de la justicia que concibió Henri Lefebvre (1996, pp. 147-159); y borra la ciudad vivida en la que las propias personas forman la infraestructura, como sostiene AbdouMaliq Simone (2004). La “sigilosa invasión de lo cotidiano” de la que habla Asef Bayat (2013) —es decir, el conjunto de lentos actos cotidianos de supervivencia que reconfiguran el espacio urbano— se vuelve ilegible. Hablar de una ciudad de “tiempo-real” dice menos sobre su pasado, su presente o su futuro que sobre lo que suele ser: una ciudad colonialista de asentamiento. Aunque se presenta como neutral, esta epistemología hereda las lógicas de mando y control.

Esta epistemología encontró su expresión más extendida en la llamada *smart city*. Surgida a principios de la primera década del presente siglo, la ciudad inteligente no era tanto un paradigma de planificación coherente como un marco de *marketing* desarrollado por empresas tecnológicas globales (entre las que destacaban IBM y Cisco) para reposicionar la infraestructura corporativa dentro de la gobernanza urbana. Tras la crisis financiera de 2008, estas empresas identificaron a las ciudades como nuevos mercados, renombrando los sistemas informáticos existentes como “sistemas operativos urbanos”.

La campaña *Smarter Cities* de IBM (lanzada en 2009), que promovía el uso de paneles analíticos y salas de control integradas, comenzó a desplegarse con iniciativas de alto perfil como el Centro de Operaciones de Río de Janeiro. Poco después sería el turno de *Smart+Connected Communities*, una iniciativa de Cisco que ofrecía sistemas “llave en mano” para redes de detección, vigilancia y optimización del tráfico. Estas iniciativas enmarcaban la ciudad como un objeto logístico que debía ser racionalizado: un flujo dinámico de datos que debía ser rastreado mediante infraestructuras digitales. El urbanismo fue reimaginado como un problema

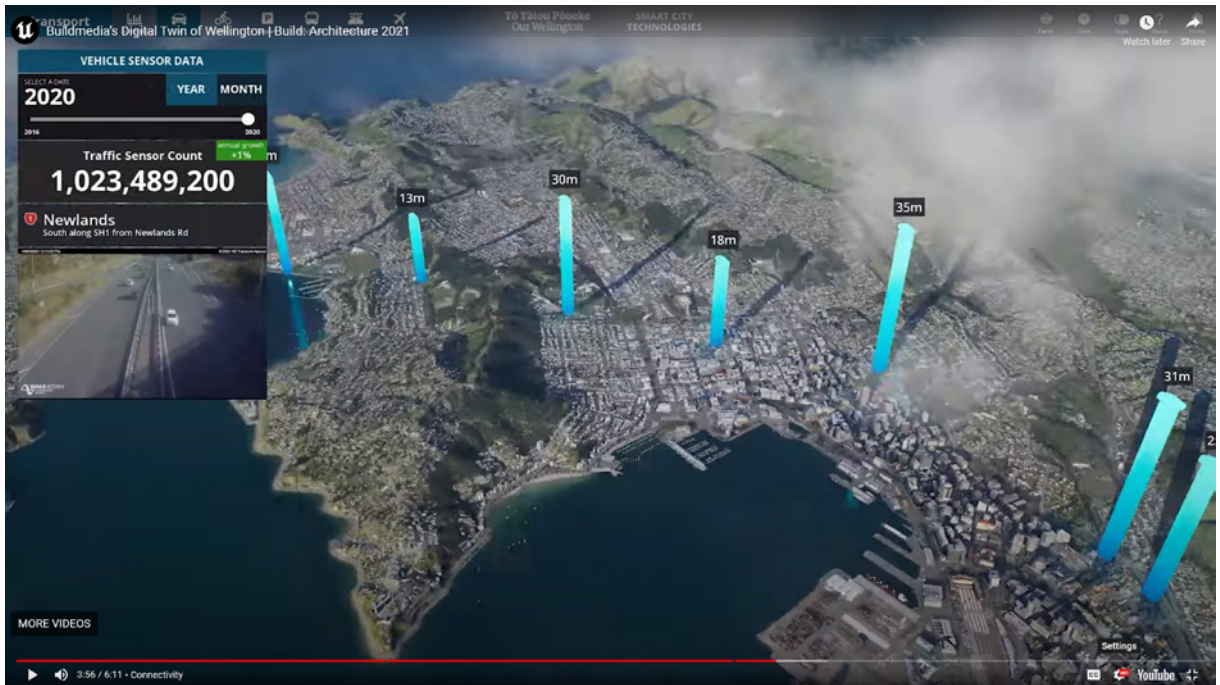
Realtime protects the rich and governs the poor. Elon Musk’s decision to ban the Twitter bot tracking his private jet illustrates this asymmetry: when the powerful are exposed, the system is simply turned off. Realtime does not ask what the city means—it asks how fast it moves, how it can be sensed, predicted, and optimized. This framing displaces other modes of urban understanding—those grounded in memory, struggle, or collective interpretation.

Realtime overlooks the Situationist city of drift and delirium, where psychogeographic experience matters; bypasses the activist city of justice envisioned by Henri Lefebvre (1996, pp. 147-159); and erases the lived city in which people themselves form the infrastructure, as AbdouMaliq Simone (2004) contends. Asef Bayat’s (2013) ‘quiet encroachment of the ordinary’—the slow, everyday acts of survival that reshape urban space—is rendered illegible. To call a city ‘realtime’ says less about its past, present, or future than about what it often is: a settler colonial city. Though presented as neutral, this epistemology inherits the logic of command and control.

This epistemology found its mainstream expression in the *smart city*. Emerging in the early 2000s, the smart city was less a coherent planning paradigm than a marketing framework—developed by global technology companies, most notably IBM and Cisco, to reposition enterprise infrastructure within urban governance. In the aftermath of the 2008 financial crisis, these firms identified cities as new markets, rebranding existing IT systems as ‘urban operating systems.’

IBM’s 2009 Smarter Cities campaign promoted analytics dashboards and integrated control rooms, beginning with high-profile deployments like the Center of Operations in Rio de Janeiro. Cisco’s *Smart+Connected Communities* followed soon after, offering turnkey systems for sensor networks, surveillance, and traffic optimization. These initiatives framed the city as a logistical object to be rationalized: a dynamic flow of data to be tracked through digital infrastructure.

Urbanism was reimagined as a computational problem—governed by prediction, control, and efficiency—rather than a sociopolitical or spatial project. Architecture and urban design were



Gemelo digital de Wellington renderizado en Unreal Engine por Buildmedia. Captura de pantalla de Wellington Digital Twin Showcase (YouTube), 3 de noviembre de 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=Y-om9GHI86I>.

© Captura de pantalla realizada por el autor. Imagen reproducida bajo el principio de uso legítimo para fines de análisis académico.

Digital twin of Wellington rendered in Unreal Engine, Buildmedia, screenshot from Wellington Digital Twin Showcase (YouTube), November 3, 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=Y-om9GHI86I>.

© Screenshot by the author. Reproduced under fair use for scholarly commentary.

computacional —gobernado por la predicción, el control y la eficiencia— más que como un proyecto sociopolítico o espacial. La arquitectura y el diseño urbano fueron desplazados en favor de la ingeniería de sistemas, la gobernanza de plataformas y la lógica corporativa. Sin embargo, el diseño no quedó simplemente marginado: fue instrumentalizado. El modelado paramétrico, el BIM y las métricas de desempeño alinearon el discurso arquitectónico con las promesas tecnocráticas del urbanismo inteligente. Las alianzas se transformaron, desplazándose desde los planificadores hacia los directores de sistemas informáticos y los ejecutivos de los municipios. La experiencia migró del diseño a la ciencia de datos (Wasiuta & Lotfi-Jam, 2018).

Al igual que muchos relatos tecnológicos, la ciudad inteligente se fragmentó rápidamente. Las críticas a sus supuestos tecnocráticos, los fallos en su implementación y su gobernanza opaca provocaron un desplazamiento terminológico: de “inteligente” a “resiliente”, “sostenible”, “digital” o “cívica”. Sin embargo, su lógica operativa —detección en tiempo-real, modelos predictivos, gestión de plataformas— se mantuvo intacta. Rebautizados y redistribuidos, estos sistemas persisten a través de infraestructuras privatizadas e interfaces públicas. En lugar de responder a una visión singular, la ciudad inteligente se ha convertido en una arquitectura distribuida de control: un modo difuso de gestión de infraestructuras mediante datos, integrado en las rutinas de la vida urbana cotidiana.⁶

El giro inmersivo en la tecnología urbana hizo que estos sistemas fueran visibles, interactivos e inmediatos: los motores de tiempo-real se convirtieron en su forma gráfica y operativa.

GEMELOS DE TIEMPO-REAL

En un post de blog de 2017 titulado *Real-time is the Future, Why Change Now?*, Ken Pimentel, entonces *product manager* de Unreal Studio en Epic Games, dijo que los motores de tiempo-real estaban reconfigurando los medios digitales. “El futuro ya está aquí”, escribió, posicionando los sistemas de tiempo-real como elementos fundamentales para la visualización arquitectónica, el diseño de productos, la ingeniería y la producción industrial (Pimentel, 2017). Epic Games —creador de Unreal Engine y Fortnite— desarrolló un modelo de visualización tridimensional que vuelve

displaced in favor of systems engineering, platform governance, and enterprise logic. Yet design was not simply sidelined; it was instrumentalized. Parametric modeling, BIM, and performative metrics aligned architectural discourse with smart urbanism’s technocratic promises. Partnerships shifted from planners to CIOs and municipal executives. Expertise migrated from design to data science (Wasiuta & Lotfi-Jam, 2018).

Like many technological narratives, the smart city quickly fragmented. Critiques of its technocratic assumptions, implementation failures, and opaque governance led to terminological drift: from ‘smart’ to ‘resilient,’ ‘sustainable,’ ‘digital,’ or ‘civic.’ But its operational logic—realtime sensing, predictive modeling, platform management—remained intact. Rebranded and redistributed, these systems persist across privatized infrastructures and public interfaces. Rather than a singular vision, the smart city has become a distributed architecture of control: a diffuse mode of infrastructural management through data, embedded into the routines of everyday urban life.⁶

The immersive turn in urban technology made these systems visible, interactive, and immediate—realtime engines became their graphic and operative form.

REALTIME TWINS

In a 2017 blog post titled *Real-time is the Future, Why Change Now?*, Ken Pimentel, then Unreal Studio Product Manager at Epic Games, claimed realtime engines were reshaping digital media. “The future is already here,” he wrote, positioning realtime systems as central to architectural visualization, product design, engineering, and industrial production (Pimentel, 2017). Epic Games—creators of Unreal Engine and *Fortnite*—advanced a model of 3D visualization that renders the frame obsolete the moment it is created. Unlike offline rendering, where images are precomputed and fixed, realtime visualization animates the image on demand—enabling a continuous loop between user,

⁶ Para más análisis críticos e históricos sobre ciudades inteligentes, ver Halpern et al.,

2017; Halpern & Mitchell, 2023; Mattern, 2017; Wasiuta & Lotfi-Jam, 2018.

⁶ For more critical and historical analysis of smart cities, see Halpern et al., 2017;

Halpern & Mitchell, 2023; Mattern, 2017; Wasiuta & Lotfi-Jam, 2018.

obsoleto el fotograma en el mismo momento en que se crea. A diferencia del renderizado *offline*, en el que las imágenes se precomputan y quedan fijas, la visualización en tiempo-real anima la imagen bajo demanda, permitiendo un bucle continuo entre el usuario, la interfaz y el modelo, y colapsando la producción, la circulación y el consumo del espacio tridimensional en un único proceso computacional.

Unreal Engine está impulsando gemelos digitales de ciudades enteras: entornos interactivos y fotorrealistas que se actualizan dinámicamente y responden en tiempo-real. Estos sistemas sostienen un segmento cada vez mayor de la tecnología urbana, desde paneles de control de planificación y plataformas de metaverso hasta herramientas de simulación y generación de avatares mediante la plataforma MetaHuman de Epic. En ningún otro lugar se ha llevado a cabo de forma tan completa el proyecto del urbanismo de tiempo-real. El gemelo digital es un mundo virtual tridimensional, renderizado en un motor de tiempo-real, alimentado por el sistema de detección continua de la ciudad física e interconectado a través de una interfaz de simulación en tiempo-real. Fusiona medios inmersivos, interfaz de gestión e infraestructura computacional en un único entorno, prometiendo control, legibilidad e inmediatez. El sistema funciona en tiempo-real en todos los niveles (renderizado, *streaming*, detección, interacción). Esta política temporal se basa en que la vivacidad operativa reemplaza a la vida, la capacidad de respuesta se convierte en gobernanza y la inmersión es una forma de administración.

Promocionados como herramientas para abordar los problemas urbanos contemporáneos —resiliencia climática, congestión, eficiencia energética y coordinación de infraestructuras—, los gemelos digitales adoptan la retórica municipal mientras ocultan las condiciones estructurales. La congestión es consecuencia de la desigualdad espacial; la crisis habitacional persiste porque la vivienda es considerada un activo financiero; el riesgo climático es producto de las normativas de zonificación, la especulación y la despolitización estratégica. Aunque proyectos como la modelación energética de Helsinki o el monitoreo ambiental de Wellington demuestran una utilidad acotada, funcionan dentro de los sistemas existentes en lugar de transformarlos (Ahn et al., 2025; Hämäläinen, 2021; *Wellington and How It Might Look in the Future Is Helping Adaptation Planning*, 2022).

Los gemelos digitales difieren de las técnicas anteriores de modelación o mapeo. Definidos como modelos virtuales vinculados a sistemas físicos a través del intercambio continuo de datos, conllevan una afirmación implícita: que los entornos interactivos, tridimensionales y en tiempo-real permiten una mejor toma de decisiones y un control más

interface, and model, and collapsing production, circulation, and consumption of 3D space into a single computational pipeline.

Unreal Engine now powers digital twins of entire cities: interactive, photorealistic environments that update dynamically and respond in realtime. These systems underpin a growing segment of urban technology—from planning dashboards and metaverse platforms to simulation tools, and avatar generation through Epic’s MetaHuman platform. Nowhere else is the project of realtime urbanism more fully realized. The digital twin is a 3D virtual world, rendered in a realtime engine, fed by continuous sensing from the physical city, and interfaced through realtime simulation. It fuses immersive media, managerial interface, and computational infrastructure into a single environment—promising control, legibility, and immediacy. At every level—rendering, streaming, sensing, interacting—the system operates in realtime. This temporal politics hinges on liveness replacing life, responsiveness as governance, and immersion as administration.

Marketed as tools for addressing contemporary urban problems—climate resilience, congestion, energy efficiency, and infrastructure coordination—digital twins adopt municipal rhetoric while obscuring structural conditions. Congestion results from spatial inequality; housing crises persist because housing is treated as a financial asset; climate risk is produced by zoning, speculation, and political evasion. While projects like Helsinki’s energy modeling or Wellington’s environmental monitoring demonstrate bounded utility, they function within existing systems rather than transforming them (Ahn et al., 2025; Hämäläinen, 2021; *Wellington and How It Might Look in the Future Is Helping Adaptation Planning*, 2022).

Digital twins differ from earlier modeling or mapping techniques. Defined as virtual models linked to physical systems through continuous data exchange, they carry implicit claims: that realtime, 3D, interactive environments enable better decision-making and more precise control. Unlike static dashboards, the digital twin presents the model and instrument as coextensive. Though popularized by Michael Grieves in the early 2000s, the logic originates in Cold War military simulation and aerospace computation—designed

preciso. A diferencia de los paneles de control estáticos, el gemelo digital presenta el modelo y el instrumento como elementos coextensivos. Aunque fue popularizado por Michael Grieves a principios de este siglo, su lógica tiene su origen en la simulación militar y la computación aeroespacial de la Guerra Fría, tecnologías diseñadas para rastrear y controlar entornos dinámicos (Ahn et al., 2025; Lotfi-Jam, 2022).⁷ Hoy, esta lógica se extiende a las ciudades, traduciendo el espacio urbano en señales, variables y *outcomes* predecibles. Sin embargo, su rendimiento sigue siendo difícil de verificar, especialmente cuando se evalúa en función de los futuros que los propios modelos construyen.

¿Son estos sistemas soluciones reales o instrumentos de control? ¿Optimizan o diseñan distracciones? La forma urbana opera en múltiples temporalidades, a menudo más lentas. Los sistemas de tiempo-real simulan intervenciones sin enactarlas. La fuerza militar puede reconfigurar una ciudad a la velocidad de la computación, mientras las normativas de zonificación tardan años. Los misiles destruyen en segundos; la gobernanza se mueve lentamente, de manera desigual y con incertidumbre. Los paneles de control y los modelos en la nube ofrecen, en apariencia, una capacidad de respuesta, pero rara vez producen cambios estructurales. Sostienen la fantasía del operador como soberano, el “hombre con traje de robot” que domina la complejidad a través de los datos. Unreal renderiza ciudades fotorrealistas superponiendo datos de emisiones, flujos de tráfico y consumo de energía: proyectando futuros basados en conjuntos de datos limitados y supuestos heredados. Las primeras plataformas, como SAGE y SIMNET, establecieron esta lógica: transformar las ciudades en escenarios controlables.⁸ Los gemelos digitales contemporáneos la extienden, encerrando la vida urbana en bucles de simulación. La acción sigue siendo asimétrica. Solo la guerra rehace la ciudad a la velocidad de la computación.

to track and control dynamic environments (Ahn et al., 2025; Lotfi-Jam, 2022).⁷ Today, this logic is extended to cities, translating urban space into signals, variables, and predicted outcomes. Their performance, however, remains difficult to verify—especially when judged against futures the models themselves construct.

Are these systems actual solutions—or instruments of control? Do they optimize—or engineer distractions? Urban form operates on multiple, often slower, temporalities. Realtime systems simulate intervention without enacting it. Military force can reshape a city at the speed of computation, while zoning laws take years. Missiles destroy in seconds; governance moves slowly, unevenly, and with uncertainty. Dashboards and cloud models offer the appearance of responsiveness but rarely deliver structural change. They sustain the fantasy of the operator as sovereign, the ‘man in a robot suit,’ mastering complexity through data. Unreal renders photorealistic cities overlaid with emissions data, traffic flows, and energy use—projecting futures built on constrained datasets and inherited assumptions. Early platforms like SAGE and SIMNET established this logic: transforming cities into commandable scenarios.⁸ Contemporary digital twins extend it, enclosing urban life in loops of simulation. Action remains asymmetrical. Only war remakes the city at the speed of computation.

CONCLUSION: REALTIME RISK

Realtime urbanism is not neutral. It is a political formation rooted in imperial infrastructures

⁷ Existe una controversia en torno a los orígenes del término “gemelo digital”, que se aplica de manera imprecisa a una amplia gama de productos. Una de las historias más citadas sobre su origen remonta el concepto a principios de este siglo, cuando fue usado por el experto en ciclo de vida de productos Michael Grieves, quien propuso una construcción digital que reflejara el estado y el comportamiento de un sistema físico en tiempo-real, permaneciendo vinculada a él a lo largo de su ciclo de vida

(ver Grieves, 2014). Yo mismo he rastreado los orígenes militares del gemelo digital hasta el programa SIMNET de la DARPA de los años ochenta (ver Lotfi-Jam, 2022).

⁸ SAGE (*Semi-Automatic Ground Environment*) fue una red de defensa aérea militar estadounidense desarrollada en los años cincuenta para procesar datos de radar con fines de interceptación en tiempo-real. SIMNET (*Simulation Networking*), desarrollada en los años ochenta al amparo de la DARPA,

⁷ The term ‘digital twin’ is loosely applied to a range of products, and its origins are contested. One of the most cited origin stories traces the concept to product lifecycle expert Michael Grieves in the early 2000s. Grieves proposed a digital construct that mirrors the state and behavior of a physical system in realtime and remains linked to it throughout its lifecycle (see Grieves, 2014). I have traced the military origins of the digital twin to the 1980s DARPA

SIMNET program (see Lotfi-Jam, 2022).

⁸ SAGE (Semi-Automatic Ground Environment) was a U.S. military air defense network developed in the 1950s to process radar data for realtime interception. SIMNET (Simulation Networking), developed in the 1980s under DARPA, connected military simulators into a shared virtual battlefield. Both systems pioneered realtime modeling as a tool of command and control (see Lotfi-Jam, 2022).

CONCLUSIÓN: RIESGO DE TIEMPO-REAL

El urbanismo de tiempo-real no es neutral. Es una formación política arraigada en infraestructuras imperiales con consecuencias contemporáneas. Sus promesas —vivacidad operativa, fidelidad, transmisión— son inseparables de sus riesgos. Incorpora la violencia en la optimización, colapsa la decisión y la ejecución, y enmarca los entornos urbanos como problemas de señal.

El urbanismo de tiempo-real reconfigura lo que cuenta como vida, convirtiendo en ruido, amenaza o ausencia todo lo que no puede detectar, capturar o computar. Como demuestra la obra de la artista Mimi Qnuqha, los sistemas de datos y visibilidad no garantizan el reconocimiento ni la justicia: a menudo reproducen estructuras de poder, reforzando lo que ya es legible mientras excluyen lo que se resiste a ser convertido en datos (*Mimi Qnuqha*, s.f.; Onuoha, 2020).

Analizar estos sistemas conlleva sus propios riesgos. Hacer visibles las zonas de detección y gobernanza puede reforzar la ilusión de control total. Las infraestructuras de tiempo-real prometen omnisciencia —comprimida en pantallas relucientes— pero sus límites son cada vez más evidentes. *Virtual Singapore*, en su día un modelo de gemelo nacional, fue discretamente archivado cuando las agencias estatales se negaron a integrarlo a la planificación real.⁹ Hamás e Irán violaron las fronteras tecnofortificadas de Israel no mediante la guerra cibernética, sino con parapentes, drones y ataques de saturación, tácticas que desbordaron las defensas de tiempo-real, calibradas para responder en milisegundos. Estos sistemas no fallaron por mal funcionamiento, sino por improvisación táctica y determinación política. No existe una solución técnica para el antagonismo político.

with contemporary consequences. Its promises—liveness, fidelity, transmission—are inseparable from their risks. It embeds violence within optimization, collapses decision and execution, and frames urban environments as signal problems.

Realtime urbanism reconfigures what counts as life, rendering anything it cannot sense, capture, or compute as noise, threat, or absence. As artist Mimi Qnuqha's work demonstrate, systems of data and visibility do not guarantee recognition or justice; they often reproduce structures of power, reinforcing what is already legible while excluding what resists being rendered as data (*Mimi Qnuqha*, n.d.; Onuoha, 2020).

Analyzing these systems carries its own risks. Rendering zones of detection and governance visible can reinforce the illusion of total control. Realtime infrastructures promise omniscience—compressed into gleaming screens—but their limits are increasingly evident. Virtual Singapore, once a model national twin, was quietly shelved when state agencies refused to integrate it into real planning.⁹ Hamas and Iran breached Israel's techno-fortified borders not through cyberwarfare but with paragliders, drones, and saturation attacks—tactics that overwhelmed realtime defenses calibrated for millisecond response. These systems failed not from malfunction, but from tactical improvisation and political resolve. There is no technical fix for political antagonism.

The environmental consequences of realtime warfare are staggering. Israel's bombardment of Gaza generated more emissions than the

conectaba simuladores militares en un campo de batalla virtual compartido. Ambos sistemas fueron pioneros en el uso del modelado en tiempo-real como herramienta de mando y control (ver Lotfi-Jam, 2022).

⁹ Virtual Singapore, lanzado en 2014 por el Gobierno de Singapur en colaboración con Dassault Systèmes, arrancó con una importante inversión y grandes expectativas, pero desde entonces fue cayendo en desuso. Informes no oficiales de fuentes locales sugieren que el proyecto

fracasó porque las agencias gubernamentales no estaban dispuestas a compartir sus datos en una plataforma centralizada. A pesar de su sofisticación técnica, Virtual Singapore no tuvo en cuenta las realidades políticas y administrativas que conlleva la implementación. Cada agencia trataba sus datos como un activo estratégico, y ninguna solución técnica pudo superar la resistencia institucional a la integración.

⁹ Virtual Singapore, launched in 2014 by the Singaporean government in partnership with Dassault Systèmes, began with significant investment and high expectations but has since fallen out of use. Unofficial reports from local sources suggest the project faltered because government agencies were unwilling to share data on a centralized platform. Despite its technical sophistication, Virtual Singapore failed to

account for the political and administrative realities of implementation. Each agency treated its data as a strategic asset, and no technical solution could overcome the institutional resistance to integration.

Las consecuencias medioambientales de la guerra de tiempo-real son abrumadoras. El bombardeo de Gaza por parte de Israel generó más emisiones que la producción anual de más de 100 países. Si se incluye la reconstrucción, la huella podría alcanzar decenas de millones de toneladas de CO₂.¹⁰ A nivel global, los ejércitos emiten más que la aviación civil y el transporte marítimo combinados.¹¹ El Departamento de Defensa de los Estados Unidos es el mayor consumidor institucional de petróleo del mundo: solo su Fuerza Aérea consume miles de millones de galones de combustible para aviones al año.¹² Estos no son subproductos incidentales: son el combustible de la logística de tiempo-real.

Sin embargo, la arquitectura, el diseño ambiental y el discurso sobre el clima siguen relegados a un segundo plano: centrados en reconversiones y certificaciones, mientras ignoran el militarismo como motor fundamental del colapso planetario. Si te preocupa el cambio climático, pero consideras que el genocidio en Gaza queda fuera de tu ámbito profesional, no entiendes la estructura de la crisis. La violencia militarizada no es ajena a la destrucción medioambiental: es uno de sus mecanismos fundamentales.¹³

Para abordar críticamente estos sistemas, la arquitectura debe primero enfrentar su propia complicidad. La disciplina ha servido durante mucho tiempo a proyectos imperiales, organizando la tierra, el trabajo y la percepción en consonancia con el Estado y el capital. El tiempo-real profundiza esta complicidad mediante la adopción, por parte de la arquitectura, de herramientas computacionales, la normalización del tecnosolucionismo y el tratamiento de la vigilancia y la logística como problemas de diseño.

Aprender de la provocación de Azoulay (2019) no implica preguntar qué puede ofrecer el tiempo-real a la arquitectura, sino reconocer cómo la arquitectura ha apoyado durante demasiado tiempo los sistemas extractivos y militarizados, y cómo la computación de tiempo-real intensifica ese rol. Este reconocimiento no es teórico: es existencial. La tarea no es reformar las herramientas, sino reorientar la profesión.

annual output of over 100 countries. Including reconstruction, the footprint may reach tens of millions of tons of CO₂.¹⁰ Globally, militaries emit more than civilian aviation and shipping combined.¹¹ The U.S. Department of Defense is the world's largest institutional petroleum consumer; its Air Force alone burns billions of gallons of jet fuel annually.¹² These are not incidental byproducts—they are the fuel of realtime logistics.

Yet architecture, environmental design, and climate discourse remain downstream—fixated on retrofits and certification while ignoring militarism as a central driver of planetary collapse. If you care about climate change but consider genocide in Gaza beyond your professional scope, you misunderstand the structure of the crisis. Militarized violence is not separate from environmental destruction—it is one of its core mechanisms.¹³

To engage these systems critically, architecture must first confront its complicity. The discipline has long served imperial projects—organizing land, labor, and perception in alignment with state and capital. Realtime deepens this complicity through architecture's embrace of computational tools, normalization of techno-solutionism, and treatment of surveillance and logistics as design problems.

To learn from Azoulay's (2019) provocation is not to ask what realtime might offer architecture, but to recognize how architecture has long supported extractive and militarized systems—and how realtime computation intensifies that role. This recognition is not theoretical; it is existential. The task is not to reform the tools but to reorient the profession.

We do not need new design solutions. We need to support the struggles already underway. Indigenous-led movements in North America have halted fossil

¹⁰ Los 15 meses de bombardeo han producido 1,89 millones de toneladas de CO₂ (ver Lakhani, 2025; Neimark et al., 2025).

¹¹ Las fuerzas armadas son responsables de aproximadamente el 5,5 % del total de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (ver Parkinson & Cottrell, 2022).

¹² La Fuerza Aérea de los

Estados Unidos consume aproximadamente 2.000 millones de galones de combustible para aviones al año. De manera devastadora, la mayor parte de este combustible se utiliza para transportar el propio combustible (ver Belanger & Arroyo, 2016).

¹³ Para más información sobre los violentos orígenes coloniales del cambio climático, ver Goffe, 2025.

¹⁰ The 15-month bombardment produced 1.89 million tons of CO₂ (see Lakhani, 2025; Neimark et al., 2025).

¹¹ Militaries are responsible for ~5.5% of total global greenhouse gas emissions (see Parkinson & Cottrell, 2022).

¹² The U.S. Air Force

consumes ~2 billion gallons of jet fuel annually. In devastating fashion, most of this is used to transport fuel itself (see Belanger & Arroyo, 2016).

¹³ For more on the violent colonial origins of climate change, see Goffe, 2025.

No necesitamos nuevas soluciones de diseño. Necesitamos apoyar las luchas que ya están en marcha. Los movimientos liderados por pueblos indígenas en América del Norte han detenido proyectos relacionados con combustibles fósiles que habrían sido responsables de aproximadamente una cuarta parte de las emisiones de Estados Unidos y Canadá.¹⁴ En Palestina, la resistencia arquitectónica no es especulativa: alberga cuerpos, documenta la destrucción y sostiene la vida en condiciones fabricadas de inhabitabilidad. No se trata de proyectos de reforma, sino de proyectos de negación.

La tarea de la arquitectura no es innovar dentro de las lógicas del tiempo-real, sino interrumpirlas: rechazar la complicidad, denunciar la violencia y amplificar las prácticas espaciales de quienes ya están resistiendo. Esto es lo que Godofredo Enes Pereira (2018) denomina *arquitectura ambiental militante*: aquella que no se repliega a la escala del edificio ni ofrece soluciones sostenibles estetizadas, sino que se alinea con movimientos concretos de emancipación, desde Chiapas y Rojava hasta Marinalda y Palestina.¹⁵ Esta práctica no comienza con la especulación vanguardista, sino en medio de las luchas que ya están en marcha.

La respuesta arquitectónica más efectiva al urbanismo de tiempo-real no consiste en imaginar cómo podría utilizarse de otra manera, sino en ayudar a dismantelar el sistema que lo hace necesario. Eso significa rechazar las seducciones de la vivacidad técnica y la inmediatez espacial. Implica reconocer que la arquitectura, al igual que la computación, ha servido con demasiada frecuencia a las fuerzas de dominación. Y significa preguntarse cómo la arquitectura puede sostener —no diseñar— las infraestructuras de solidaridad, negación y supervivencia que hacen posibles otros futuros. **m**

El material audiovisual referido en este texto puede ser consultado mediante este código QR →
The audiovisual material referenced in this text can be accessed through this QR code →



fuel projects responsible for an estimated quarter of U.S. and Canadian emissions.¹⁴ In Palestine, architectural resistance is not speculative—it shelters bodies, documents destruction, and sustains life under engineered unlivability. These are not projects of reform; they are projects of refusal.

Architecture's task is not to innovate within the logics of realtime, but to interrupt them—to refuse complicity, to expose violence, and to amplify the spatial practices of those already resisting. This is what Godofredo Enes Pereira (2018) calls a *militant environmental architecture*: one that does not retreat to the scale of the building or offer aestheticized sustainability, but aligns itself with concrete movements of emancipation—from Chiapas and Rojava to Marinalda and Palestine.¹⁵ Such a practice begins not in vanguard speculation, but in the middle of struggles already underway.

The most effective architectural response to realtime urbanism is not to imagine how it might be used differently, but to help dismantle the system that requires it. That means rejecting the seductions of technical liveness and spatial immediacy. It means recognizing that architecture, like computation, has too often served the forces of domination. And it means asking how architecture can sustain—not design—the infrastructures of solidarity, refusal, and survival that make other futures possible. **m**

¹⁴ Según Grist, los movimientos liderados por indígenas en América del Norte han detenido proyectos de combustibles fósiles que habrían producido emisiones equivalentes al 25% del total anual de Estados Unidos y Canadá (ver Mahoney, 2021).

¹⁵ Enes Pereira sostiene que la arquitectura medioambiental debe abandonar la autonomía

disciplinaria y alinearse con los movimientos políticos que ya están cuestionando las estructuras extractivistas y coloniales. Critica la complicidad histórica de la arquitectura en la violencia ambiental e insiste en que una práctica significativa requiere insertarse en los lugares de lucha, en lugar de diseñar en torno a ellos (Enes Pereira, 2018).

¹⁴ According to Grist, Indigenous-led movements in North America have halted fossil fuel projects that would have produced emissions equivalent to 25% of annual U.S. and Canadian totals (see Mahoney, 2021).

¹⁵ Enes Pereira argues that environmental architecture must abandon disciplinary

autonomy and align itself with political movements already contesting extractive and colonial structures. He critiques architecture's historical complicity in environmental violence and insists that meaningful practice requires embedding within sites of struggle—not designing around them (Enes Pereira, 2018).

REFERENCIAS REFERENCES

- AHN, C., LOTFI-JAM, F., GRAHAM, C., BUNNELL, T., & MARVIN, S. (2025). Critical Urban Informatics for Urban Digital Twin Models. *Nature Cities*, 2, 114–116. <https://doi.org/10.1038/s44284-024-00171-0>
- ALBANESE, F. (2025). *From Economy of Occupation to Economy of Genocide* (Report of the Special Rapporteur on the Situation of Human Rights in the Palestinian Territories Occupied Since 1967 [Advance Unedited Version] No. A/HRC/59/23). UN Human Rights Council. <https://www.ohchr.org/sites/default/files/documents/hrbodies/hrcouncil/sessions-regular/session59/advance-version/a-hrc-59-23-aev.pdf>
- ASTUTE ANALYTICA. (2025, June 3). Metaverse in Gaming Market Set to Enjoy Swift Growth and is Pegged to Attain Valuation of US\$ 216.14 Billion By 2033. *GlobeNewswire News Room*. <https://www.globenewswire.com/news-release/2025/06/03/3092764/0/en/Metaverse-in-Gaming-Market-Set-to-Enjoy-Swift-Growth-and-is-Pegged-to-Attain-Valuation-of-US-216-14-Billion-By-2033-Astute-Analytica.html>
- AZOULAY, A. A. (2019). *Potential History: Unlearning Imperialism*. Verso.
- BAYAT, A. (2013). *Life as Politics: How Ordinary People Change the Middle East* (2nd ed.). Stanford University Press.
- BELANGER, P., & ARROYO, A. (2016). *Ecologies of Power: Countermapping the Logistical Landscapes and Military Geographies of the U.S. Department of Defense*. MIT Press.
- CALABRESE, F., KLOECKL, K., & RATTI, C. (2009). WikiCity: Real-Time Location-Sensitive Tools for the City. In M. Foth (Ed.), *Handbook of Research on Urban Informatics: The Practice and Promise of the Real-Time City* (pp. 390–413). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-152-0.ch027>
- DANS, E. (2020, February 27). Amazon Go Grocery: This Is The Future Of Shopping, Whether We Like It Or Not. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/enriquedans/2020/02/27/amazon-go-grocery-this-is-the-future-of-shopping-whether-we-like-it-or-not/>
- DINNEEN, G. P., LEBOW, I. L., & REED, I. S. (1958). The Logical Design of CG24. *Papers and Discussions Presented at the December 3–5, 1958, Eastern Joint Computer Conference: Modern Computers: Objectives, Designs, Applications*, 91–94. <https://doi.org/10.1145/1458043.1458064>
- DOWNEY, A. (2025). The Alibi of AI: Algorithmic Models of Automated Killing. *Digital War*, 6(1), 9. <https://doi.org/10.1057/s42984-025-00105-7>
- ENES PEREIRA, G. (2018, June). Towards an Environmental Architecture. *E-Flux, Positions*. <https://www.e-flux.com/architecture/positions/205375/towards-an-environmental-architecture>
- EWING, E. T. (2013). "A Most Powerful Instrument for a Despot": The Telegraph as a Trans-national Instrument of Imperial Control and Political Mobilization in the Middle East. In I. Löhr & R. Wenzlhuemer (Eds.), *The Nation State and Beyond: Governing Globalization Processes in the Nineteenth and Early Twentieth Centuries* (pp. 83–100). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32934-0_5
- FOTH, M. (2008). Preface. In M. Foth (Ed.), *Handbook of Research on Urban Informatics: The Practice and Promise of the Real-Time City* (pp. xxviii–xxxii). IGI Global.
- GOFFE, T. L. (2025). *Dark Laboratory: On Columbus, the Caribbean, and the Origins of the Climate Crisis*. Knopf Doubleday.
- GRAHAM, S. (2011). *Cities Under Siege: The New Military Urbanism*. Verso.
- GRIER, D. A. (2002). Twin Pillars of Computing. *IEEE Annals of the History of Computing*, 24(3), 88–87. <https://doi.org/10.1109/MAHC.2002.1024765>
- GRIEVES, M. (2014). *Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication*. https://www.researchgate.net/publication/275211047_Digital_Twin_Manufacturing_Excellence_through_Virtual_Factory_Replication
- HALPERN, O., & MITCHELL, R. (2023). *The Smartness Mandate*. MIT Press.
- HALPERN, O., MITCHELL, R., & GEOGHEGAN, B. D. (2017). The Smartness Mandate: Notes toward a Critique. *Grey Room*, 68, 106–129. https://doi.org/10.1162/GREY_a_00221
- HÄMÄLÄINEN, M. (2021). Urban Development With Dynamic Digital Twins in Helsinki City. *IET Smart Cities*, 3(4), 201–210. <https://doi.org/10.1049/smc.2.12015>
- HANNUN, M. (2024, October 16). The Genocide Will Be Automated—Israel, AI and the Future of War. *MERIP*. <https://merip.org/2024/10/the-genocide-will-be-automated-israel-ai-and-the-future-of-war/>
- LAKHANI, N. (2025, May 30). Carbon Footprint of Israel's War on Gaza Exceeds That of Many Entire Countries. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/world/2025/may/30/carbon-footprint-of-israels-war-on-gaza-exceeds-that-of-many-entire-countries>
- LAPLANTE, P. A., ROSE, E. P., & GRACIA-WATSON, M. (1995). An Historical Survey of Early Real-Time Computing Developments in the U.S. *Real-Time Systems*, 8(2), 199–213. <https://doi.org/10.1007/BF01094343>
- LEFEBVRE, H. (1996). The Right to the City. In H. Lefebvre (Author), E. Kofman & E. Lebas (Eds.) *Writings on Cities*, (pp. 63–181). Blackwell. (Original work published 1968)

- LENOIR, T. (2000). All But War Is Simulation: The Military–Entertainment Complex. *Configurations*, 8(3), 289–335. <https://doi.org/10.1353/con.2000.0022>
- LENOIR, T., & CALDWELL, L. (2018). *The Military–Entertainment Complex*. Harvard University Press.
- LENOIR, T., & LOWOOD, H. (2008). Theaters of War: The Military–Entertainment Complex. In H. Schramm, L. Schwarte, & J. Lazardzig (Eds.), *Collection–Laboratory–Theater: Scenes of Knowledge in the 17th Century* (Vol. 1, pp. 427–456). De Gruyter.
- LOTFI–JAM, F. (2022). Infrastructures of Urban Simulation: Digital Twins, Virtual Humans and Synthetic Populations. In N. Bib & F. Faz (Eds.), *The Routledge Handbook of Architecture, Urban Space and Politics*, Volume I. Routledge.
- MAHONEY, A. (2021, September 10). Study: Indigenous Resistance Has Staved Off 25% of U.S. and Canada's Annual Emissions. *Grist*. <https://grist.org/protest/indigenous-resistance-has-cut-u-s-and-canadas-annual-emissions/>
- MARSHALL, A. (2025, June 5). Walmart Goes Big With Drone Delivery Expansion. *Wired*. <https://www.wired.com/story/walmart-wing-expand-drone-delivery/>
- MATTERN, S. (2017). A City Is Not a Computer. *Places Journal*. <https://doi.org/10.22269/170207>
- MILLER, A. (2016). Protocological Violence and the Colonial Database. *Big Data & Society*, 3(2), 205395171666512. <https://doi.org/10.1177/2053951716665128>
- Mimi Onuoha. (n.d.). Work. Retrieved July 2, 2025, from <https://mimionuoha.com>
- MURPHY, M., & TIDY, J. (2024, September 20). Hezbollah Paggers and Walkie–Talkies: How Did They Explode and Who Did It? *BBC News*. <https://www.bbc.com/news/articles/cz04m913m490>
- MUSLEH, A. H. (2018). Designing in Real–Time: An Introduction to Weapons Design in the Settler–Colonial Present of Palestine. *Design and Culture*, 10(1), 33. <https://doi.org/10.1080/17547075.2018.1430992>
- NEIMARK, B., OTU–LARBI, F., LARBI, R., BIGGER, P., COTTRELL, L., DE KLERK, L., & SHLAPAK, M. (2025). *War on the Climate: A Multitemporal Study of Greenhouse Gas Emissions of the Israel–Gaza Conflict* (SSRN Scholarly Paper No. 5274707). Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5274707>
- NUENO GUITART, J. (2024, September 30). The Target Factory. *Verso*. <https://www.versobooks.com/blogs/news/the-target-factory>
- ONUOHA, M. (2020, July 1). When Proof Is Not Enough. *FiveThirtyEight*. <https://fivethirtyeight.com/features/when-proof-is-not-enough/>
- PARKINSON, S., & COTTRELL, L. (2022). *Report: Estimating the Military's Global Greenhouse Gas Emissions*. Scientists for Global Responsibility (SGR) and the Conflict and Environment Observatory. <https://ceobs.org/estimating-the-militarys-global-greenhouse-gas-emissions/>
- PIMENTEL, K. (2017, December 4). Real–time is the Future, Why Change Now? *Unreal Engine*. <https://www.unrealengine.com/en-US/tech-blog/real-time-is-the-future-why-change-now>
- PUAR, J. K. (2017). *The Right to Maim: Debility, Capacity, Disability*. Duke University Press.
- RATTI, C. (2017, April 19). *Cities of Information | PCA–STREAM* [Interview]. <https://www.pca-stream.com/en/explore/cities-of-information/>
- SCHWARTZEL, E. (2025, February 13). *Essay | Alex Karp Wants Silicon Valley to Fight for America*. *WSJ*. <https://www.wsj.com/tech/who-is-alex-karp-palantir-ceo-dcd66e21>
- SEVTSUK, A., HUANG, S., CALABRESE, F., & RATTI, C. (2009). Mapping the MIT Campus in Real Time Using WiFi. In M. Foth (Ed.), *Handbook of Research on Urban Informatics: The Practice and Promise of the Real–Time City* (pp. 326–338). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-152-0.ch022>
- SHAHVAR, S. (2007). Iron Poles, Wooden Poles: The Electric Telegraph and the Ottoman–Iranian Boundary Conflict, 1863–1865. *British Journal of Middle Eastern Studies*, 34(1), 23–42. <https://doi.org/10.1080/13530190701224090>
- SHAHVAR, S. (2009, July 20). Telegraph 1. First Telegraph Lines in Persia. *Encyclopaedia Iranica*. <https://www.iranicaonline.org/articles/telegraph-i-first-telegraph-lines-in-persia/>
- SIMONE, A. (2004). People as Infrastructure: Intersecting Fragments in Johannesburg. *Public Culture*, 16(3), 407–429. <https://doi.org/10.1215/08992363-16-3-407>
- WASIUTA, M., & LOTFI–JAM, F. (2018). Unstable Control. *E–Flux*. <https://www.e-flux.com/architecture/structural-instability/208702/unstable-control/>
- Wellington and How It Might Look in the Future Is Helping Adaptation Planning*. (2022, August 24). Ministry for the Environment. <https://environment.govt.nz/what-you-can-do/stories/wellingtons-digital-twin/>
- YOUNG, C. (2025, March 11). *New Digital Twin Learns in Real Time to Control Drones and Machines*. Interesting Engineering. <https://interestingengineering.com/innovation/ai-powered-digital-twins>