

Chapter 5 / Capítulo 5



The Seven Deadly Sins of Artificial
Intelligence
ISBN: 978-9915-9928-6-0
DOI: 10.62486/978-9915-9928-6-0.Ch05
Pages: 104-129

© 2026 The authors. This is an open access
book chapter distributed under the terms of
the Creative Commons Attribution (CC BY)
4.0 License.

Gluttony: consuming resources and producing content without restraint

Gula: consumir recursos y producir contenido sin medida

Juan Manuel Andrade Navia¹  

Elvia María Jiménez Zapata¹  

Verenice Sánchez Castillo²  

¹ Universidad Surcolombiana. Pitalito, Colombia.

² Universidad de la Amazonia. Florencia, Colombia.

ABSTRACT

Technological gluttony is used as a metaphor for examining the expansion of resource consumption and content production when the ability to generate is separated from criteria of sufficiency. This chapter analyzes how to relate the utility and burdens of artificial-intelligence-assisted activities while preserving units, boundaries, and context. It integrates studies of energy, emissions, water, data centers, hardware, minerals, and waste with educational and organizational research. The findings distinguish sector-level data, measurements, estimates, and scenarios; operation and manufacturing; water withdrawal and consumption; unit efficiency and total demand. These distinctions prevent figures from different scales from being converted into a universal footprint per query or an overall sustainability balance. The chapter also examines how mass generation of text, images, and other content can increase storage, circulation, and informational noise, so that producing more does not necessarily create more value. The synthesis proposes a functional unit that incorporates quality, review, and the product actually used, and connects efficiency with sufficiency and the distribution of burdens. Opportunities for mitigation and productivity are considered alongside their conditions and trade-offs. An illustrative teaching-material application uses activity records, equivalent quality, and environmental uncertainty, although it has no original implementation results. The chapter concludes that socioenvironmental proportionality requires purpose, relevant information, and capacity to adjust. The central question is not only how much a tool consumes, but what benefit justifies that consumption, who bears its burdens, and what alternatives can reduce them without losing the required function. This approach treats sustainability as a decision problem involving purpose, scale, evidence, and the distribution of environmental and social burdens.

Keywords: artificial intelligence; sustainability; environmental footprint; digital sufficiency; resources

RESUMEN

La gula tecnológica se utiliza como metáfora para examinar la expansión del consumo de recursos y la producción de contenidos cuando la capacidad de generar se separa de criterios de suficiencia. Este capítulo analiza cómo relacionar utilidad y cargas de actividades asistidas por inteligencia artificial conservando unidades, fronteras y contexto. Se integran estudios sobre energía, emisiones, agua, centros de datos, hardware, minerales y residuos con investigaciones educativas y organizativas. Los resultados distinguen datos sectoriales, mediciones, estimaciones y escenarios; operación y fabricación; extracción y consumo de agua; eficiencia unitaria y demanda total. Esta separación evita convertir cifras de escalas diferentes en una huella universal por consulta o en un balance general de sostenibilidad. El capítulo examina además cómo la generación masiva de textos, imágenes y otros contenidos puede aumentar almacenamiento, circulación y ruido informacional, de modo que producir más no equivale necesariamente a producir más valor. La síntesis propone una unidad funcional que incorpore calidad, revisión y producto efectivamente utilizado, y relaciona eficiencia con suficiencia y distribución de cargas. Las oportunidades de mitigación y productividad se consideran junto con sus condiciones y compensaciones. Una aplicación ilustrativa de materiales docentes utiliza registros de actividad, calidad equivalente e incertidumbre ambiental, aunque carece de resultados propios de implementación. El capítulo concluye que la proporcionalidad socioambiental requiere finalidad, información pertinente y capacidad de ajustar. La pregunta central no es solo cuánto consume una herramienta, sino qué beneficio justifica ese consumo, quién soporta sus cargas y qué alternativas permiten reducirlo sin perder la función necesaria.

Palabras clave: inteligencia artificial; sostenibilidad; huella ambiental; suficiencia digital; recursos

INTRODUCCIÓN

Una consulta parece ocurrir en una superficie inmaterial, pero depende de servidores, redes, electricidad, refrigeración y equipos fabricados con recursos físicos. La metáfora de la gula estudia el crecimiento de esa demanda cuando la facilidad de solicitar operaciones debilita la pregunta por su necesidad y valor. El capítulo relaciona costos materiales, generación de contenido y criterios de uso. Su argumento reconoce beneficios posibles y examina cuándo el consumo se vuelve desproporcionado (Grupo de Trabajo de Frontera Tecnológica del Celam [GFT-CELAM], 2026; Luccioni et al., 2024).

La medición requiere fronteras claras. El consumo de todos los centros de datos no equivale al atribuible exclusivamente a IA. Una estimación de entrenamiento no representa el costo de toda la vida del modelo. Una cifra energética tampoco determina por sí sola emisiones o presión hídrica. Mantener estas diferencias permite formular una crítica defendible y evaluar alternativas con información comparable (Henderson et al., 2020; Masanet et al., 2020).

La pregunta central es cómo relacionar utilidad y cargas de una actividad asistida por IA sin borrar diferencias de unidad, escala y contexto. El objeto es una actividad completa, con operaciones necesarias para obtener un servicio pertinente. Esta definición permite incluir revisión, versiones descartadas y mantenimiento, además de generación. La metáfora de la gula examina el crecimiento que pierde relación con esa finalidad. Su uso reconoce que producir y consumir pueden aportar valor y pregunta qué evidencia permite justificar la capacidad, frecuencia y cantidad elegidas (GFT-CELAM, 2026; Luccioni et al., 2024; Schwartz et al., 2020).

La crítica ambiental necesita precisión equivalente a la exigida para una promesa tecnológica. Una estimación parcial puede mostrar una dimensión relevante y no representar toda la huella. Energía, carbono, agua y materiales requieren indicadores propios. Los datos históricos, escenarios y modelos también tienen funciones diferentes. El argumento organiza esas distinciones para que una institución pueda utilizar información disponible sin convertirla en una garantía total. Reconocer incertidumbre permite mejorar una decisión y su comunicación; inventar una cifra precisa puede producir una apariencia de control que el procedimiento no sostiene (Henderson et al., 2020; Lannelongue et al., 2021; Xiao et al., 2025).

La educación ofrece un ejemplo de valor difícil de reducir a volumen. Un material accesible puede requerir adaptación y producir un beneficio pertinente; muchas variantes pueden aumentar carga sin mejorar comprensión. La decisión debe conservar calidad y destinatario. Se propone comparar servicios equivalentes y observar qué productos se utilizan, con qué revisión y durante qué periodo. La suficiencia entonces pregunta qué actividad se necesita, mientras eficiencia pregunta cómo realizarla con menos recursos. Las respuestas se relacionan y deben mantener diferencias de objetivo y evidencia (Alier-Formont et al., 2026; Amershi et al., 2019; Holmes et al., 2022).

La distribución de cargas añade una dimensión territorial y laboral. El servicio puede recibirse en un campus y apoyarse en infraestructura de otra región, además de requerir trabajo de preparación y revisión. La perspectiva ecosocial y los informes de digitalización amplían la cadena; las mediciones específicas deben identificar el objeto. Esta combinación permite preguntar quién gana, quién aporta y qué capacidad de intervención existe. La proporcionalidad socioambiental se propone como criterio de deliberación, con límites explícitos y sin presentarse como índice validado o balance universal (Doellgast et al., 2026; GFT-CELAM, 2026; United Nations Conference on Trade and Development [UNCTAD], 2024).

La tesis sostiene que una decisión responsable debe relacionar servicio, frontera de medición y facultad de ajustar. Un dato resulta útil cuando informa una elección y puede revisarse al cambiar condiciones. El capítulo conserva posibles beneficios climáticos y de productividad, junto con cargas e incertidumbre. La aplicación final propone evaluar producción de materiales en un campus, sin datos propios de implementación. Su finalidad es mostrar qué registros permitirían una comparación y qué afirmaciones permanecerían pendientes. La eficacia de las condiciones propuestas requiere una investigación institucional adicional (Kaack et al., 2022; Noy & Zhang, 2023; Raji et al., 2020).

El aporte conceptual consiste en unir eficiencia, suficiencia y distribución manteniendo indicadores separados. Un ahorro unitario puede coexistir con crecimiento total; una ventaja operativa puede acompañarse de cargas de fabricación; una mejora ambiental puede implicar compensaciones entre dimensiones. Estas relaciones deben examinarse en un periodo y actividad definidos. La agenda posterior incluye atribución en infraestructura compartida, información contractual y utilidad de productos, además de recursos. El trabajo documental permite formular preguntas y restringir inferencias, sin calcular una huella universal de la IA (Leal Filho et al., 2026;

Luccioni et al., 2023; Van de Walle & Aerts, 2026).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL TAMBIÉN ES MATERIAL

LA INFRAESTRUCTURA DE LA RESPUESTA

La IA utiliza componentes que se fabrican, transportan, operan y reemplazan. La infraestructura conecta extracción y transformación de materiales con redes energéticas y territorios. La lectura del GFT-CELAM sitúa estos procesos dentro de una discusión de ecología integral y distribución de cargas. Permite observar condiciones que la interfaz oculta y debe complementarse con mediciones cuando se atribuyen magnitudes a un sistema determinado (GFT-CELAM, 2026).

El *Digital Economy Report 2024* de UNCTAD examina el ciclo material de la digitalización y la distribución internacional de sus cargas. Su objeto comprende dispositivos, redes y centros de datos; las cifras de ese conjunto no corresponden exclusivamente a la IA. La lectura permite preguntar dónde se producen equipos, se utiliza energía y se gestionan residuos, sin atribuir todo el impacto digital a los modelos generativos. Una política institucional necesita reconocer las partes de esa cadena que puede modificar (UNCTAD, 2024).

ENTRENAMIENTO E INFERENCIA

El entrenamiento y la inferencia cumplen funciones distintas. El primero ajusta un modelo mediante datos y cómputo; la segunda utiliza el modelo para producir una salida. La evaluación debe incluir desarrollo, pruebas y operación cuando esas etapas integran el proceso considerado. Su peso relativo depende de la frecuencia de uso, arquitectura y periodo. Atribuir siempre la mayor carga al entrenamiento o a la inferencia impediría examinar configuraciones diferentes (Henderson et al., 2020; Russell & Norvig, 2004).

La medición por operación resulta útil y limitada. Puede orientar elecciones entre tareas o modelos dentro de un entorno definido, pero necesita una unidad de comparación estable. Clasificar una imagen y generar un video responden a demandas diferentes. La comparación de Luccioni y colaboradores entre tareas de inferencia muestra que la generalidad y el tipo de salida importan. La decisión responsable pregunta si la capacidad utilizada corresponde al problema que se necesita resolver (Luccioni et al., 2024).

SEGUIR EL SERVICIO HASTA SUS RECURSOS

La materialidad se reconoce al reconstruir el servicio: dispositivos del usuario, redes, almacenamiento, cómputo y equipos que hacen posible la operación. Una frontera de análisis puede incluir solo parte de esa cadena, siempre que lo declare. Una medición del servidor aporta información útil y deja fuera otras actividades. El problema aparece cuando el resultado parcial se comunica como huella completa. Henderson y colaboradores proponen mejorar reporte de energía y carbono; UNCTAD sitúa la digitalización dentro de un ciclo material más amplio. Ambos enfoques permiten preguntar qué se incluye antes de comparar magnitudes (Henderson et al., 2020; UNCTAD, 2024).

La función ofrecida también necesita una descripción. Generar una explicación, clasificar documentos y producir un video implican tareas diferentes. El número de operaciones no representa por sí solo utilidad. Una unidad funcional debe relacionar recursos con un servicio terminado y pertinente. En educación podría ser un material accesible y verificado para una actividad definida. Esa unidad es una propuesta del análisis y necesita especificar calidad, destinatario y periodo. Comparar recursos por ese resultado permite reconocer el esfuerzo de revisión y las variantes descartadas que una cifra por consulta puede omitir (Holmes et al., 2022; Luccioni et al., 2024; Schwartz et al., 2020).

EQUIPOS, CONOCIMIENTO Y ORGANIZACIÓN

La infraestructura incluye decisiones de mantenimiento y capacidades humanas. Una institución puede adquirir equipos eficientes y carecer de personal para configurarlos, actualizar fuentes o utilizar su capacidad de manera pertinente. Otra puede utilizar un servicio remoto y no conocer sus parámetros ambientales. La diferencia exige observar qué se controla y qué información puede obtenerse. La investigación de implementación organizativa aporta preguntas sobre funciones y responsabilidades, sin garantizar un efecto ambiental. Documentar quién decide configuración y frecuencia de uso permite identificar oportunidades reales de ajuste (Fox & Solihin, 2026; Tabassi, 2023).

El marco de colaboración de conocimiento de Litvinenko y la revisión de Cai y colaboradores permiten examinar operaciones que permanecen humanas. Un sistema puede generar una propuesta mientras el equipo debe seleccionar, contrastar y adaptar. Ese trabajo forma parte de la actividad cuyo resultado se evalúa. La materialidad no se reduce a equipos; requiere reconocer procesos de producción y mantenimiento del conocimiento que sostienen el servicio. La síntesis propone incluir esos recursos en la deliberación, conservando que las revisiones organizativas no cuantifican por sí solas energía, agua o materiales (Cai et al., 2026; Litvinenko, 2026).

FRONTERAS DE CONTABILIDAD Y ESCALAS

Los inventarios institucionales pueden aportar una línea de contexto. Morales y colaboradores examinan gases de efecto invernadero en siete campus colombianos durante 2019–2022 con alcances de contabilidad definidos. Sus datos describen campus y no identifican automáticamente cargas de IA. Leal Filho y colaboradores muestran limitaciones de atribución en informes públicos universitarios. El contraste permite reconocer dos tareas diferentes: medir la organización y asignar una parte a una actividad. Para avanzar en la segunda se requiere información adicional sobre equipos, operación y uso compartido, además de un inventario general (Leal Filho et al., 2026; Morales et al., 2026).

La escala modifica la interpretación. Un estudio de un modelo, un centro de datos o un país responde preguntas distintas. La proyección de Xiao y colaboradores para servidores estadounidenses y la evaluación de recursos materiales de Falk y colaboradores permiten ampliar la cadena, con límites específicos. Convertir sus resultados en una constante por mensaje perdería supuestos y unidad. El capítulo los utiliza para reconstruir dimensiones de análisis y exigir información, evitando atribuir a una institución una magnitud que pertenece a un escenario o modelo de otra escala (Falk et al., 2026; Xiao et al., 2025).

FABRICACIÓN, OPERACIÓN Y VIDA DE SERVICIO

Una comparación de ciclo de vida debe considerar cuándo y cómo se distribuyen cargas de fabricación. Atribuir todo un equipo a una operación aislada sobreestima una parte; omitirlo por completo puede subestimarla. La decisión requiere declarar utilización, vida útil y criterio de asignación. El estudio de la huella de BLOOM aporta un antecedente para considerar procesos más allá de energía dinámica. Su resultado corresponde al sistema y fronteras estudiados. La institución necesita datos pertinentes antes de afirmar que una elección de modelo representa una mejora total de ciclo de vida (Henderson et al., 2020; Luccioni et al., 2023).

La renovación puede responder a desempeño, compatibilidad o expansión. Cada motivo exige una comparación con alternativas: optimizar uso, mantener, reutilizar o adquirir. Un equipo nuevo puede reducir consumo operativo y añadir cargas de fabricación; conservar uno antiguo puede evitar reemplazo y demandar más energía. El balance depende del periodo y de la actividad. Se propone registrar desempeño requerido y vida remanente, sin declarar una regla universal de renovación. Los escenarios de residuos de Wang y colaboradores ayudan a estudiar recambio, conservando su carácter prospectivo y sus supuestos (Falk et al., 2026; Wang et al., 2024).

DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL Y CAPACIDAD DE INTERVENIR

El beneficio de un servicio puede recibirse en un lugar y sus cargas ocurrir en otro. Esta separación requiere conocer localización y relaciones de suministro cuando son relevantes para la evaluación. La perspectiva del CELAM y el informe de UNCTAD sitúan justicia y ambiente en

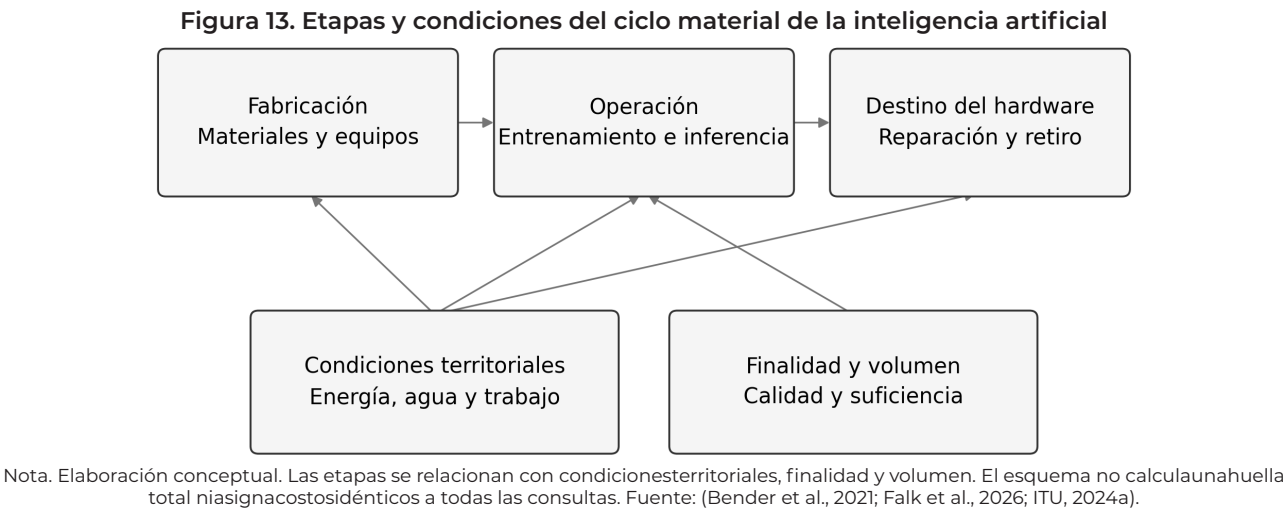
cadenas materiales. La síntesis utiliza ese vínculo para preguntar qué poblaciones participan en decisiones sobre infraestructura y qué información necesitan. Atribuir un daño específico a un equipo o proveedor exige evidencia propia; reconocer una cadena global no autoriza inventar procedencias o vulneraciones concretas (GFT-CELAM, 2026; UNCTAD, 2024).

La materialidad se vuelve una condición de deliberación cuando conecta información y decisión. Una universidad puede modificar configuración, cantidad de generación o compras; quizá necesite cooperación para obtener datos de un servicio remoto. El alcance de intervención debe quedar explícito. La propuesta evita comunicar una reducción que no se midió y permite valorar mejoras parciales con sus límites. Una decisión responsable describe el servicio buscado, recursos conocidos, incertidumbre y facultad de ajustar. Esas condiciones hacen posible comparar alternativas sin reducir toda la cadena a la sensación de una interacción inmaterial (Raji et al., 2020; Tabassi, 2023; UNESCO, 2021).

EL CICLO MATERIAL QUE UNA INTERFAZ VUELVE DISTANTE

La materialidad de la IA reúne procesos con lugares, tiempos y responsables diferentes. La fabricación de hardware requiere recursos antes de que una consulta exista; el entrenamiento organiza cargas que pueden distribuirse entre muchos usos; la operación añade demandas repetidas de cómputo y refrigeración; el retiro abre preguntas sobre vida útil y tratamiento de residuos. Estas diferencias importan porque una mejora en una etapa puede convivir con cargas crecientes en otra. La interfaz hace accesible un resultado y vuelve distante esa cadena, favoreciendo que su valoración se limite a velocidad o calidad. Una evaluación material necesita definir fronteras y explicar qué etapas incluye, especialmente cuando compara herramientas con distinto tamaño, hardware o régimen de utilización. El análisis de composición de componentes aporta información que las mediciones eléctricas dejan fuera, aunque sus resultados también dependen de la unidad y del equipo estudiados. La metáfora de la gula permite relacionar uso, volumen y suficiencia sin tratar cada respuesta como una unidad ambiental idéntica (Bender et al., 2021; Falk et al., 2026; International Telecommunication Union [ITU], 2024a; Strubell et al., 2019).

La Figura 13 hace visible una cadena que la interfaz presenta de manera distante. Fabricación, operación y destino del hardware requieren unidades y fronteras distintas; localización y finalidad modifican su interpretación. La evaluación puede reconocer mejoras en una etapa y conservar atención a cargas que permanecen en otra. Esta relación permite discutir suficiencia mediante tareas, calidad y volumen, evitando utilizar una cifra de electricidad como representación completa de materiales, agua, trabajo y residuos (Bender et al., 2021; Falk et al., 2026; ITU, 2024a).



EL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

MAGNITUD SECTORIAL Y ATRIBUCIÓN

La International Energy Agency estimó alrededor de 415 TWh de electricidad para centros de datos en 2024 y proyectó cerca de 945 TWh para 2030 en su escenario base publicado en

2025. Son cifras del conjunto de centros de datos, con IA entre los impulsores del crecimiento. La segunda representa una proyección condicionada y no una observación futura. El dato permite reconocer presión de infraestructura; no autoriza asignar toda esa electricidad a consultas generativas (International Energy Agency [IEA], 2025).

El informe de Lawrence Berkeley National Laboratory sobre Estados Unidos también distingue estimaciones históricas y escenarios futuros. Su enfoque por equipos ayuda a reconocer que hardware de IA y servicios convencionales participan en la demanda. La comparación internacional exige conservar territorio, año y alcance. Sumar cifras de informes con fronteras distintas produciría un total engañoso. La precisión en estas unidades es una condición de responsabilidad en la comunicación ambiental (Shehabi et al., 2024).

EFICIENCIA Y EMISIONES

La electricidad consumida y las emisiones asociadas requieren indicadores diferentes. El resultado depende, entre otras condiciones, de la fuente energética, localización y momento de operación. Patterson y colaboradores examinan variaciones ligadas a modelos, procesadores y centros de datos. Su trabajo identifica oportunidades de reducción y confirma que una misma descripción genérica de IA puede ocultar configuraciones ambientales distintas (Patterson et al., 2021).

El debate debe mantener dos escalas: eficiencia por servicio y demanda total. Masanet y colaboradores mostraron la importancia de considerar mejoras de eficiencia al interpretar el crecimiento histórico de centros de datos. De Vries examina desafíos de expansión energética vinculados con IA. Estos aportes permiten formular una pregunta de seguimiento: ¿las mejoras unitarias acompañan un consumo agregado compatible con objetivos ambientales y condiciones territoriales? La respuesta requiere observación del periodo y del sistema elegido (de Vries, 2023; Masanet et al., 2020).

Dodge y colaboradores midieron y analizaron emisiones operativas de cargas de aprendizaje automático en la nube de Microsoft Azure. Compararon regiones y condiciones temporales y encontraron que la localización puede modificar sustancialmente la intensidad de carbono de una tarea. Su marco utiliza información energética y de emisiones marginales; no incorpora por sí solo toda la fabricación de equipos, el agua o el fin de vida. El resultado cuestiona la equivalencia automática entre menor tiempo de ejecución y menor huella total (Dodge et al., 2022).

Lannelongue, Grealey e Inouye presentan *Green Algorithms*, un marco de estimación que relaciona duración, procesadores, memoria y condiciones energéticas. La calidad del cálculo depende de las entradas utilizadas. Cuando un servicio comercial no revela configuración ni ubicación, la institución no puede presentar una cifra genérica como medición de su consumo real. Debe distinguir dato observado, estimación con supuestos y dato desconocido. Esa distinción mejora la rendición de cuentas aunque no elimine la incertidumbre (Lannelongue et al., 2021).

ENERGÍA Y POTENCIA RESPONDEN PREGUNTAS DISTINTAS

La potencia expresa una tasa de uso de energía; la energía depende también del tiempo de operación. Confundir ambas unidades puede transformar una capacidad instalada en consumo observado. El análisis de infraestructura debe precisar si un dato describe equipos, operación medida o escenario. Los informes sectoriales de IEA y de Lawrence Berkeley National Laboratory ofrecen escalas amplias que requieren conservar territorio y año. Su utilidad institucional es contextualizar demanda y formular preguntas sobre capacidad, no asignar automáticamente una parte de toda la electricidad a cada consulta o licencia (IEA, 2025; Shehabi et al., 2024).

Una estimación del servicio necesita parámetros pertinentes: duración, equipos, utilización y condiciones de infraestructura, según su frontera. *Green Algorithms* organiza algunas de esas entradas para estimar carbono computacional. Cuando faltan datos, se pueden explorar supuestos y mostrar sensibilidad, siempre que el resultado se identifique como estimación. El capítulo no calcula una cifra nueva para servicios comerciales opacos. La propuesta consiste en registrar qué se sabe y qué cambiaría el resultado, evitando comunicar un promedio genérico como medición del proceso institucional (Henderson et al., 2020; Lannelongue et al., 2021).

DEL CONSUMO A EMISIONES

La electricidad se relaciona con emisiones según condiciones de generación y contabilidad. Una menor energía operativa puede reducir una carga y seguir necesitando información sobre fuente, lugar y momento para interpretar carbono. Patterson y colaboradores examinan configuraciones de entrenamiento y oportunidades de reducción; Dodge y colaboradores estudian emisiones operativas en cargas de nube. Sus alcances son distintos y conservan fronteras parciales. La síntesis los utiliza para mostrar que comparar solo tiempo de ejecución puede ocultar diferencias de infraestructura y que una cifra de carbono necesita declarar cómo fue obtenida (Dodge et al., 2022; Patterson et al., 2021).

La intensidad promedio y una aproximación marginal responden preguntas relacionadas pero diferentes sobre electricidad. La institución debe identificar qué enfoque utiliza una estimación y qué decisión pretende orientar. Una comparación puede ser sensible a ubicación o programación temporal, sin incorporar fabricación de equipos ni efectos hídricos. Se propone conservar indicadores por dimensión y discutir compensaciones explícitas. Elegir una configuración por carbono operativo no demuestra automáticamente que mejore todos los impactos. La evaluación debe evitar que una ventaja medida en una frontera se convierta en una declaración general de sostenibilidad (Dodge et al., 2022; Van de Walle & Aerts, 2026).

TENDENCIAS, PROYECCIONES Y ATRIBUCIÓN

Los cambios históricos de centros de datos muestran la importancia de eficiencia al interpretar crecimiento de actividad. Masanet y colaboradores ofrecen una revisión de estimaciones globales, mientras De Vries plantea desafíos de expansión asociados a IA. Estos trabajos no describen exactamente el mismo objeto ni periodo. La discusión debe conservar esa diferencia antes de concluir una tendencia. El crecimiento futuro requiere supuestos sobre hardware, demanda y operación; un escenario aporta una posibilidad condicionada. Su uso responsable incluye explicar qué condiciones lo sostienen y qué observación permitiría revisarlo (de Vries, 2023; Masanet et al., 2020).

Xiao y colaboradores construyen escenarios para servidores de IA en Estados Unidos entre 2024 y 2030. Su investigación relaciona expansión y opciones de mitigación bajo supuestos definidos. El capítulo incorpora este enfoque para preguntar qué condiciones de crecimiento y suministro importan, sin presentar resultados de 2030 como mediciones ya realizadas. Una institución puede utilizar escenarios para preparar decisiones y conservar incertidumbre. La planificación requiere también capacidades de actualización, pues una condición de demanda o infraestructura puede cambiar la relación entre la proyección y el proceso observado (Xiao et al., 2025).

BENEFICIOS CLIMÁTICOS Y BALANCE COMPLETO

La IA puede contribuir a tareas relacionadas con mitigación climática. Kaack y colaboradores examinan cómo alinear aplicaciones con ese objetivo, junto con riesgos y condiciones. Esta evidencia impide equiparar consumo computacional con ausencia de utilidad ambiental. También exige estudiar el efecto de la actividad asistida: optimizar un proceso puede ahorrar recursos, mientras nuevas demandas pueden modificar el balance. El capítulo propone distinguir carga del sistema, efecto de su aplicación y cambios indirectos. Afirmar un beneficio neto requiere comparar fronteras y periodos compatibles (Kaack et al., 2022; Van de Walle & Aerts, 2026).

La investigación de Sang y colaboradores utiliza diferencias en diferencias para estudiar una política de zonas piloto y sostenibilidad corporativa en empresas cotizadas chinas durante 2014–2024. La intervención política difiere de una herramienta particular y sus resultados no cuantifican la huella completa de toda adopción. Ghosh y colaboradores examinan relaciones de innovación y construcción de sentido en manufactura india mediante encuesta y respuestas expertas. Su diseño aporta mecanismos y preguntas, sin demostrar por sí solo un beneficio ambiental neto. La síntesis mantiene esos límites al considerar efectos favorables (Ghosh et al., 2025; Sang et al., 2026).

COMPARAR ACTIVIDADES HUMANAS Y ASISTIDAS

Las comparaciones entre generación artificial y trabajo humano dependen de qué recursos se atribuyen a cada actividad. Tomlinson y colaboradores ofrecen una comparación sobre escritura e ilustración; interpretar sus resultados requiere examinar unidades y supuestos. Una institución no puede trasladar una cifra a cualquier tarea o incluir solo parte de una alternativa. Se propone comparar un servicio de calidad equivalente, con revisión y operaciones necesarias. Esta cautela permite considerar posibles ventajas sin convertir un resultado delimitado en argumento universal para reemplazar trabajo humano (GFT-CELAM, 2026; Noy & Zhang, 2023; Tomlinson et al., 2024).

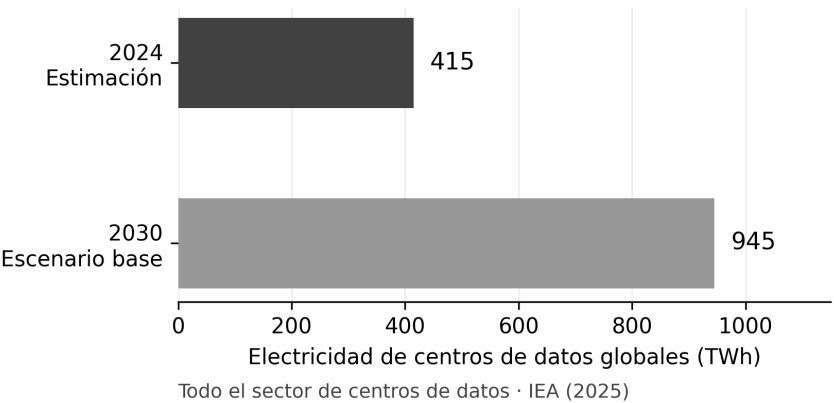
La evaluación energética puede vincularse a decisiones observables: elegir una herramienta suficiente, ajustar frecuencia, reutilizar materiales o solicitar información. Cada medida requiere comprobar si mantiene el resultado y qué dimensión modifica. Reducir recursos por operación y aumentar volumen puede producir una demanda total mayor. La propuesta de seguimiento conserva ambas escalas. Green AI aporta razones para valorar eficiencia; la suficiencia añade la pregunta por actividad necesaria. La decisión puede reconocer una mejora parcial y seguir examinando el crecimiento de uso y sus consecuencias (Luccioni et al., 2024; Schwartz et al., 2020; Strubell et al., 2019).

UNA PROYECCIÓN ENERGÉTICA CONSERVA SUPUESTOS

Los escenarios energéticos permiten discutir necesidades de planificación antes de que se materialicen, siempre que se mantengan visibles sus supuestos. El escenario base de la IEA relaciona expansión de infraestructura, adopción de servidores y mejoras de eficiencia con una trayectoria de demanda; otros escenarios exploran restricciones y variaciones en esas condiciones. La comparación de una estimación de 2024 con una proyección de 2030 describe magnitudes de centros de datos globales y conserva una frontera más amplia que la IA. Su utilidad consiste en orientar preguntas sobre capacidad, localización y prioridades, evitando atribuir todo el consumo del sector a una herramienta o a una consulta. La discusión de suficiencia requiere además examinar qué servicios justifican esa expansión y qué alternativas cumplen una finalidad semejante con menos recursos. Una ganancia de eficiencia técnica puede facilitar más uso; por eso la evaluación debe conservar junto al consumo por operación la demanda total que la organización decide sostener (IEA, 2025; Schwartz et al., 2020; Van de Walle & Aerts, 2026).

La Figura 14 compara magnitudes con estatus diferentes: una estimación del año de referencia y una trayectoria proyectada. El aumento permite discutir planificación de infraestructura y posibles restricciones, pero no representa consumo exclusivo de IA ni una huella por consulta. La lectura de suficiencia necesita conservar ese alcance y preguntar qué servicios justifican expansión, qué alternativas cumplen finalidades semejantes y cómo cambian los resultados cuando varían adopción y eficiencia. La gráfica ilustra un escenario, cuya realización permanece condicionada (IEA, 2025).

Figura 14. Electricidad de centros de datos globales y escenario base para 2030.



Nota. Valores del informe de 2025: 415 TWh como estimación para 2024 y 945 TWh como proyección del escenario base para 2030. Incluye todo el sector de centros de datos, con actividades distintas de IA. La proyección depende de supuestos y no constituye un resultado observado. Fuente: (IEA, 2025).

LA HUELLA HÍDRICA DE LOS CENTROS DE DATOS

EXTRACCIÓN, CONSUMO Y LOCALIZACIÓN

El agua puede intervenir directamente en refrigeración y de manera indirecta en la producción de electricidad. La extracción y el consumo describen operaciones diferentes: captar un volumen no equivale necesariamente a retirarlo de disponibilidad mediante evaporación u otros procesos. Li y colaboradores proponen estimaciones y muestran la importancia de condiciones espaciales y temporales. Su artículo publicado permite organizar la pregunta hídrica sin atribuir una cantidad universal a toda consulta (Li et al., 2025).

La revisión y evaluación de Lei y colaboradores identifica diferencias superiores a cuatro órdenes de magnitud en el agua asociada con cargas de trabajo de centros de datos bajo las condiciones analizadas. El resultado reúne variaciones de eficiencia, electricidad y refrigeración; no significa que todo mensaje tenga esa amplitud. Estas diferencias exigen precisar unidad y contexto. El comentario de Privette y colaboradores sitúa esa exigencia en planificación local y transparencia, con atención a comunidades que comparten recursos (Lei et al., 2025; Privette et al., 2026).

La magnitud debe interpretarse junto con disponibilidad territorial, calidad y estacionalidad. Un volumen reducido en un lugar con fuerte restricción puede plantear un problema distinto de un volumen mayor en otro sistema hídrico. La discusión ambiental requiere identificar la fuente y los usos concurrentes. Desplazar una carga fuera del lugar donde se recibe el beneficio digital tampoco elimina la obligación de examinarla (GFT-CELAM, 2026).

EVITAR EQUIVALENCIAS ENGAÑOSAS

Las comparaciones expresadas como botellas por mensaje pueden facilitar comprensión y ocultar supuestos. La carga depende del modelo, tamaño de entrada y salida, infraestructura y electricidad, entre otros factores. Una estimación de un caso debe comunicarse con esas condiciones, sin convertirla en constante natural. La transparencia permite explicar incertidumbre y reconocer qué información falta para una medición más precisa (Henderson et al., 2020; Li et al., 2025).

Las organizaciones pueden solicitar información hídrica agregada pertinente, localización de operaciones y criterios de refrigeración. La ausencia de un dato no obliga a inventar un valor; sí puede justificar registrar incertidumbre y exigir mejor información contractual. El seguimiento debe evitar doble conteo entre agua directa e indirecta. Estas decisiones permiten discutir reducción con un objeto verificable y conservar la dimensión distributiva del problema (Tabassi, 2023).

La unidad funcional debe representar el servicio que interesa. Comparar el agua de una consulta breve con la de un lote de imágenes sin conservar tarea, periodo y frontera puede confundir diferencias de producto con eficiencia. En una institución, puede definirse una unidad como material accesible terminado y verificado; después se registran las operaciones que fueron necesarias para obtenerlo. Esa unidad es una propuesta contextual y no permite extrapolar un volumen universal por mensaje.

También debe distinguirse el lugar de la operación del lugar que soporta parte de sus efectos. Un servicio contratado desde una universidad puede ejecutar cómputo en otra región. Reducir consultas tiene una relación posible con demanda, pero no demuestra una reducción hídrica local sin conocer infraestructura, refrigeración y generación eléctrica. La decisión prudente documenta esa incertidumbre y solicita datos antes de comunicar un ahorro cuantificado.

LA UNIDAD HÍDRICA NECESITA UNA FRONTERA

El agua asociada con un servicio puede incluir refrigeración directa, producción eléctrica y otras fases del ciclo según el análisis. Las fronteras determinan qué se suma y qué se deja fuera. Una cifra agregada debe explicar si describe extracción o consumo, pues captar agua y reducir su disponibilidad son procesos diferentes. Li y colaboradores ofrecen un marco de estimación para IA; Lei y colaboradores revisan determinantes de cargas de centros de datos. Su aporte permite definir la pregunta antes de calcular, evitando que una unidad familiar sustituya las condiciones necesarias para interpretar (Lei et al., 2025; Li et al., 2025).

La localización temporal y territorial importa. Una misma operación puede relacionarse con

fuentes y tecnologías de refrigeración distintas. La disponibilidad hídrica y los usos concurrentes también cambian la consecuencia de un volumen. El comentario de Privette y colaboradores insiste en transparencia para planificación y evaluación local. La síntesis utiliza esa orientación para preguntar por origen y periodo, sin atribuir escasez o conflicto a una instalación concreta sin evidencia. La responsabilidad exige conservar tanto magnitud como contexto cuando se formula una afirmación sobre presión territorial (GFT-CELAM, 2026; Privette et al., 2026).

REFRIGERACIÓN Y ELECTRICIDAD PUEDEN PRODUCIR COMPENSACIONES

Una configuración que modifica refrigeración puede cambiar relaciones entre energía y agua. El balance necesita información del sistema y no se resuelve con una etiqueta de eficiencia. La revisión de Lei y colaboradores muestra variación amplia de agua asociada a cargas según condiciones consideradas. Ese resultado no proporciona una cifra universal por mensaje. Se propone examinar indicadores por dimensión y registrar posibles compensaciones, de modo que una mejora energética no se comunique automáticamente como mejora hídrica. La evaluación debe declarar qué dato corresponde a operación directa y cuál a suministro eléctrico (Lei et al., 2025; Van de Walle & Aerts, 2026).

El doble conteo puede aparecer cuando se combinan estimaciones de fronteras superpuestas. Una cifra de agua total puede incluir electricidad y agregarse erróneamente a otra estimación que representa la misma fase. La institución necesita conocer definición y método de cada indicador antes de sumar. Henderson y colaboradores aportan una exigencia general de reporte de recursos; su aplicación hídrica requiere parámetros específicos. La propuesta consiste en conservar una ficha de frontera, unidad, periodo y fuente. Esta documentación hace posible revisar una comparación y reconocer cuándo dos números no son acumulables (Henderson et al., 2020; Li et al., 2025).

INCERTIDUMBRE Y COMUNICACIÓN PÚBLICA

Las equivalencias con objetos cotidianos pueden facilitar lectura y producir falsa estabilidad. Una comparación por botella debe declarar cómo se estimó, qué operación representa y qué condiciones cambian el resultado. Si la institución desconoce infraestructura o localización, corresponde reconocer una limitación y evitar asignar un volumen preciso a su uso. La incertidumbre puede comunicarse de forma comprensible: qué parte se estima, qué información falta y qué conclusión permanece posible. Esta práctica mejora la calidad de una afirmación aunque no permita calcular una huella completa (Lannelongue et al., 2021; Li et al., 2025; Tabassi, 2023).

La ausencia de datos no equivale a ausencia de carga. Tampoco permite elegir una cifra ajena y presentarla como consumo propio. Puede justificar solicitar información o mantener un ensayo limitado mientras se estudia utilidad. La decisión requiere explicitar por qué se considera el beneficio y qué incertidumbre se acepta. Si se comunica una mejora ambiental, se necesita una comparación pertinente. Los principios éticos aportan orientación sobre responsabilidad y transparencia, pero la evidencia del resultado debe proceder de medición o estimación declarada, con un objeto definido (Floridi & Cows, 2019; Mittelstadt, 2019; UNESCO, 2021).

JUSTICIA TERRITORIAL Y PARTICIPACIÓN

El servicio puede trasladar parte de sus cargas a comunidades que no reciben el mismo beneficio. La discusión de justicia requiere estudiar distribución y facultad de participar en decisiones de infraestructura. El informe de UNCTAD y la perspectiva del CELAM permiten situar esta relación en cadenas amplias. La síntesis conserva su carácter de marco y evita adjudicar un daño local sin documentación. Se propone que la información relevante incluya condiciones territoriales cuando están disponibles y que decisiones de expansión consideren actores afectados, además de demanda de usuarios remotos (GFT-CELAM, 2026; Privette et al., 2026; UNCTAD, 2024).

Una institución usuaria puede tener capacidad limitada para conocer toda la cadena, aunque conserve decisiones sobre tarea y volumen. La evaluación debe describir qué puede cambiar y qué necesita negociar. Solicitar una definición de indicadores al proveedor puede mejorar transparencia; reducir variantes innecesarias puede modificar demanda de operaciones; afirmar un efecto hídrico específico exige más información. Esta distinción evita prometer una

causalidad que el seguimiento no observa. La responsabilidad consiste en actuar sobre facultades disponibles y declarar el alcance de sus resultados (Luccioni et al., 2024; Raji et al., 2020; Tabassi, 2023).

PREGUNTAS PARA UNA EVALUACIÓN INSTITUCIONAL

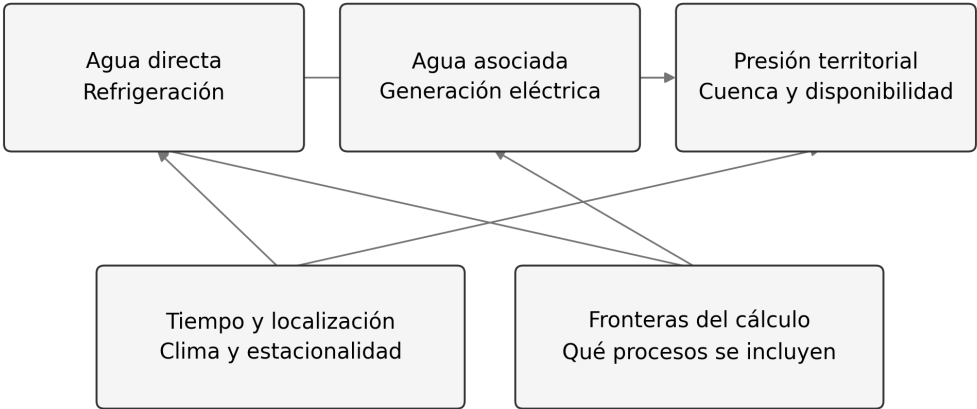
Se propone registrar servicio, unidad funcional, operación, periodo y fuentes ambientales disponibles. La ficha debe diferenciar medición, estimación y desconocimiento, y describir fronteras de agua directa e indirecta cuando se utilicen. También debe indicar qué decisión depende del dato. Una comparación entre materiales docentes puede observar operaciones y calidad de producto sin disponer de una cifra hídrica completa. Ese resultado permite estudiar suficiencia y pedir información adicional, mientras la comunicación evita afirmar un ahorro cuantificado que no fue establecido (Henderson et al., 2020; Leal Filho et al., 2026; Morales et al., 2026).

La huella hídrica debe mantenerse como una dimensión específica dentro de la deliberación. Su relación con energía, territorio y materiales permite estudiar compensaciones, pero no convierte todos los efectos en una cifra común. La propuesta del capítulo es observar esas relaciones con unidades y límites explícitos. Una decisión puede reconocer utilidad educativa y seguir exigiendo información sobre infraestructura. La crítica será más defendible cuando identifica qué se conoce, qué se estima y qué pregunta permanece abierta, permitiendo corregir el uso y la afirmación pública cuando aparezcan datos pertinentes (Privette et al., 2026; UNESCO, 2021; Van de Walle & Aerts, 2026).

EL AGUA DEPENDE DEL LUGAR Y DEL MOMENTO

La presión hídrica se interpreta mediante relaciones territoriales que una cifra global puede ocultar. El uso directo para refrigeración y el uso asociado a generación eléctrica responden a procesos distintos, y su importancia depende de cuenca, clima, tecnología y periodo. Una cantidad anual puede resultar útil para inventariar recursos y dejar abierta la coincidencia entre demanda y escasez estacional. La evaluación necesita, por ello, conservar localización y fronteras del cálculo cuando discute impactos sobre comunidades. Los escenarios de servidores de IA en Estados Unidos aportan trayectorias delimitadas y opciones de reducción; su transferencia a otros países exige datos sobre infraestructura y sistema energético propios. La justicia ambiental añade una pregunta por quién decide la localización y quién soporta restricciones de acceso cuando distintos usos compiten. La suficiencia adquiere significado territorial cuando se relaciona el beneficio del servicio con condiciones materiales de disponibilidad y con la posibilidad de discutir alternativas antes de fijar compromisos de largo plazo (Li et al., 2025; Morales et al., 2026; UNESCO, 2021; Xiao et al., 2025).

Figura 15. Relaciones que delimitan la interpretación de una huella hídrica



Nota. Elaboración conceptual. El agua directa y la asociada a electricidad corresponden a procesos distintos. Cuenca, tiempo y fronteras del cálculo condicionan la interpretación; no se presenta una magnitud universal por consulta. Fuente: (Li et al., 2025; Morales et al., 2026; Xiao et al., 2025).

La Figura 15 reúne condiciones necesarias para interpretar una carga hídrica. Los procesos incluidos y la localización permiten explicar qué representa el cálculo, mientras la disponibilidad de una cuenca y la estacionalidad ayudan a discutir presión territorial. Una cantidad anual debe conservar estas relaciones antes de trasladarse a decisiones sobre justicia ambiental. El esquema aporta preguntas para evaluar infraestructura situada y reconoce que escenarios de un país necesitan datos propios antes de aplicarse a otro contexto (Li et al., 2025; Morales et al., 2026; Xiao et al., 2025).

MINERALES, HARDWARE, TERRITORIO Y RESIDUOS

FABRICACIÓN Y VIDA ÚTIL

La sostenibilidad del cómputo incluye fabricación y utilización de equipos. Una mejora de desempeño puede acompañarse de reemplazos frecuentes que incorporan cargas adicionales. El análisis de ciclo de vida necesita considerar duración, reparación, aprovechamiento y fin de uso. El estudio de BLOOM demuestra que incorporar procesos más allá de la energía dinámica cambia una estimación; ofrece un antecedente para evitar que la operación visible agote la cuenta ambiental (Luccioni et al., 2023).

La infraestructura también ocupa territorio y requiere redes y obras. Su impacto debe examinarse en el lugar y proyecto correspondientes. La reflexión del CELAM vincula extracción, trabajo y ambiente desde una perspectiva de responsabilidad. El libro utiliza ese vínculo para preguntar por cadenas de suministro y participación local, sin atribuir a cualquier componente una procedencia o vulneración específica que no ha sido comprobada (GFT-CELAM, 2026).

RESIDUOS ELECTRÓNICOS Y ALCANCE DEL DATO

El Global E-waste Monitor ofrece una referencia sobre residuos eléctricos y electrónicos del conjunto de actividades y dispositivos. Ese universo es mucho mayor que la IA. Su información permite contextualizar un problema de materiales y gestión, sin utilizar el total como huella específica de modelos generativos. La responsabilidad analítica consiste en distinguir contexto sectorial y atribución, y en examinar inventarios propios cuando una institución decide reemplazar equipos (ITU, 2024a).

Una política de adquisición puede incluir mantenimiento, reutilización y disposición responsable. Estas condiciones deben compararse con compatibilidad y requisitos reales de la tarea. Comprar capacidad sobredimensionada puede añadir costos materiales; conservar equipos incapaces de cumplir una función crítica puede producir otras cargas. El criterio de suficiencia permite buscar una configuración adecuada y evaluar el ciclo completo, en lugar de asumir que novedad y sostenibilidad siempre avanzan juntas (Schwartz et al., 2020; UNESCO, 2021).

Wang y colaboradores construyen un modelo de flujos de materiales asociado con las necesidades de cómputo de IA generativa. Sus escenarios proyectan acumulación de residuos durante 2020–2030 y exploran estrategias de economía circular. Son proyecciones condicionadas por expansión y recambio de equipos, no una cantidad ya observada en 2030. La versión publicada presenta un rango de escenarios, que no debe sustituirse por una cifra única tomada de un borrador anterior (Wang et al., 2024).

La aplicación institucional consiste en examinar vida útil, mantenimiento y destino de los equipos antes de renovarlos. Un servidor más eficiente por operación puede aportar beneficios, pero el juicio necesita incorporar el trabajo de fabricación y la vida útil remanente del anterior. La elección se documenta con desempeño requerido y alternativas de reutilización. Un promedio global de residuos describe el problema; no justifica por sí mismo una compra ni demuestra su beneficio ambiental.

LA FABRICACIÓN PERMANECE CUANDO TERMINA UNA CONSULTA

Los equipos incorporan materiales y procesos cuya carga no desaparece al cerrar una sesión. Un análisis del servicio debe decidir cómo relaciona fabricación, utilización y vida útil. Falk y colaboradores examinan composición material de equipos y modelos de recursos asociados al cómputo. Sus resultados permiten ampliar la mirada más allá de electricidad y requieren conservar hardware y supuestos. La síntesis los incorpora para preguntar qué información de

fabricación necesita una comparación, sin adjudicar a cualquier respuesta una cantidad universal de minerales o una procedencia que no fue comprobada (Falk et al., 2026).

La huella de un equipo compartido debe asignarse mediante un criterio declarado. Puede utilizarse durante muchas tareas y periodos, con niveles de utilización diferentes. Una institución que atribuye toda la fabricación a su primera actividad y otra que la omite presentan fronteras incompatibles. Henderson y colaboradores orientan reporte transparente; el estudio de BLOOM muestra el efecto de incorporar dimensiones adicionales. La comparación requiere identificar vida de servicio y operaciones incluidas antes de concluir una ventaja. La documentación facilita revisar el supuesto cuando cambia el uso real (Henderson et al., 2020; Luccioni et al., 2023).

RENOVACIÓN, MANTENIMIENTO Y CAPACIDAD SUFICIENTE

La renovación puede mejorar desempeño y crear residuos o cargas nuevas. La decisión necesita observar requisitos de la tarea y capacidad remanente del equipo. Se propone comparar mantenimiento, reorganización de uso, reutilización y compra, con criterios de calidad y continuidad. La configuración más reciente no representa por sí sola la opción más sostenible, y un equipo antiguo tampoco garantiza un balance favorable. La respuesta depende de fabricación, operación y periodo. Green AI aporta un criterio de valorar recursos junto con resultado, que debe adaptarse a datos y necesidades institucionales (Schwartz et al., 2020; Strubell et al., 2019).

El mantenimiento requiere capacidades y organización. Si una institución carece de personal para reparar o actualizar, una política de prolongación nominal puede producir interrupciones o riesgos. La investigación de implementación organizativa ayuda a preguntar por funciones y seguridad, manteniendo su objeto distinto de contabilidad ambiental. La deliberación debe incluir formación, soporte y documentación. Un acuerdo de compra puede especificar condiciones pertinentes a continuidad y destino de equipos, según recursos y obligaciones aplicables. La sostenibilidad del procedimiento necesita comprobar que las capacidades prometidas existen durante su uso (Crocco et al., 2026; Fox & Solihin, 2026; Tabassi, 2023).

RESIDUOS MEDIDOS Y RESIDUOS PROYECTADOS

El monitor global de residuos eléctricos y electrónicos describe un universo amplio de dispositivos y actividades. Sus cifras contextualizan un problema y no constituyen el total atribuible a IA. Wang y colaboradores modelan flujos asociados al cómputo generativo y proyectan escenarios durante 2020–2030. La diferencia entre ambos objetos importa: uno ofrece contexto sectorial y el otro una atribución modelada bajo condiciones. La institución debe conservar el alcance al comunicar. El inventario de sus equipos puede aportar información propia y necesita registrar destino, reutilización y periodo (ITU, 2024a; Wang et al., 2024).

Una proyección de residuos depende de expansión, duración y recambio. Modificar esos supuestos puede cambiar la magnitud y la estrategia de respuesta. El capítulo utiliza escenarios para discutir opciones de economía circular, sin presentarlos como una observación futura ya realizada. La planificación puede utilizar rangos y actualizarse con datos. También conviene examinar qué alternativa es practicable: reutilizar requiere demanda y compatibilidad; reparar exige soporte; disponer responsablemente necesita una ruta pertinente. La propuesta evita que una etiqueta circular sustituya comprobación del destino efectivo (UNCTAD, 2024; Wang et al., 2024).

TERRITORIO Y PARTICIPACIÓN EN INFRAESTRUCTURA

La infraestructura ocupa espacio y se integra con redes energéticas, hídricas y logísticas. Evaluar una instalación concreta exige información local; los marcos globales ayudan a formular preguntas y no prueban su impacto específico. La perspectiva ecosocial del CELAM y el informe de UNCTAD vinculan materialidad con distribución de cargas. Su lectura permite estudiar quién participa, qué beneficio se ofrece y qué alternativas se comparan. La institución usuaria puede solicitar información y revisar elecciones, manteniendo explícito qué decisiones corresponden a otros actores y qué evidencia falta (GFT-CELAM, 2026; UNCTAD, 2024).

La participación requiere que una preocupación pueda influir en la decisión. Informar sobre un proyecto después de fijar sus condiciones ofrece una posibilidad diferente de intervenir cuando existen alternativas. El antecedente de voz laboral de Doellgast y colaboradores aporta una

pregunta sobre organización de participación, con tres casos alemanes y contexto institucional específico. Su aplicación a infraestructura es una interpretación que necesita adaptación. La propuesta consiste en identificar actores, recursos y momentos de intervención, evitando convertir una consulta formal en demostración suficiente de acuerdo o de distribución justa (Doellgast et al., 2026; UNESCO, 2021).

CRITERIOS DE ADQUISICIÓN CON FRONTERAS EXPLÍCITAS

Una ficha de adquisición puede describir tarea, desempeño requerido, vida útil prevista y alternativas de mantenimiento. También registra información de operación y fabricación disponible, con límites. La decisión debe explicar qué dimensión favorece una opción y qué compensación conserva. Si se elige por calidad educativa, esa razón debe aparecer separada de una reducción ambiental todavía no demostrada. La propuesta permite evaluar decisiones con información parcial sin fabricar un balance completo. Sus efectos deben observarse durante uso y revisarse cuando cambian necesidades o datos (Raji et al., 2020; Tabassi, 2023; Van de Walle & Aerts, 2026).

La cadena material exige una mirada sobre utilidad y duración. Un servicio que produce recursos pertinentes y utiliza infraestructura de manera sostenible plantea un problema diferente de una expansión de capacidad cuyos resultados se descartan. El juicio necesita relacionar equipos y actividad, sin reducir todo a consumo visible o a cantidad de residuos. La síntesis propone conservar ciclo, escala y posibilidad de corregir. Esta precisión permite discutir reducción y responsabilidad con un objeto verificable y reconocer los límites de una comparación antes de comunicar una ventaja (Falk et al., 2026; Luccioni et al., 2023; Schwartz et al., 2020).

DURABILIDAD Y DECISIONES DE ADQUISICIÓN

La adquisición de equipos introduce obligaciones que se prolongan más allá de su rendimiento inicial. Vida útil, posibilidad de reparación, reutilización y tratamiento final afectan cómo se distribuyen cargas materiales entre etapas y actores. Renovar hardware puede mejorar eficiencia operativa mientras anticipa retiro de componentes todavía utilizables; conservarlo puede reducir demanda de fabricación y limitar ciertas tareas. La comparación pertinente depende de necesidades concretas y de las condiciones de mantenimiento, por lo que ninguna opción resulta preferible de manera universal. El inventario global de residuos electrónicos aporta contexto sobre una cadena más amplia que la IA y requiere mantener esa diferencia cuando se utiliza en el argumento. Para una institución educativa, la durabilidad también puede fortalecer autonomía al reducir cambios frecuentes y conservar conocimiento práctico del equipo. La suficiencia propone examinar qué capacidad necesita la actividad y qué horizonte de uso hace defendible la adquisición, incorporando mantenimiento y destino final desde el comienzo (Bender et al., 2021; Falk et al., 2026; ITU, 2024a; Schwartz et al., 2020).

LA GENERACIÓN MASIVA DE CONTENIDO

ABUNDANCIA Y UTILIDAD

Generar más contenidos puede ampliar exploración y producir una carga de selección. El beneficio depende de quién lee, compara y utiliza el resultado. La posibilidad de crear una gran cantidad de textos no equivale a mejorar comprensión de sus destinatarios. El costo relevante incluye operaciones técnicas y atención humana. La gula aparece cuando el volumen se utiliza como indicador de éxito y queda fuera de evaluación la utilidad de cada producción (Luccioni et al., 2024).

Los patrones de uso descritos por Chatterji y colaboradores muestran diversidad de finalidades. Esta evidencia impide clasificar automáticamente las actividades personales como superfluas. El análisis ambiental debe examinar calidad, necesidad y alternativas de cada práctica, con criterios discutibles y explícitos. Aprender, cuidar o disfrutar pueden producir valor; su consideración necesita una evaluación más amplia que la relación con trabajo remunerado (Chatterji et al., 2025; GFT-CELAM, 2026).

PRESIÓN SOBRE LA ATENCIÓN Y LA CONFIANZA

La abundancia también modifica la circulación. Una institución que publica mensajes parecidos puede aumentar trabajo de lectura sin mejorar información. Un entorno con contenidos sintéticos no verificados añade dificultades de confianza. Estas consecuencias no se deducen simplemente del número de piezas: requieren examinar recepción y función. La propuesta consiste en evaluar si un contenido satisface una necesidad identificada y si las personas pueden utilizarlo con criterio (Cortina, 2024; Weidinger et al., 2021).

La exploración creativa puede justificar varias opciones, y una tarea sencilla puede resolverse con una única respuesta. Definir el criterio antes de generar ayuda a reconocer cuándo continuar añade valor. Esta práctica evita convertir la suficiencia en una prohibición general. También permite relacionar recursos con resultados: se produce lo necesario para explorar o decidir y se detiene el proceso cuando otras variantes ya no mejoran la finalidad definida.

EL PRODUCTO TERMINADO INCLUYE SELECCIÓN

Generar contenido es una fase de una actividad que puede incluir lectura, comprobación, edición y uso. Si la salida no se selecciona o resulta incorrecta, el volumen generado describe trabajo computacional y no necesariamente un servicio útil. La unidad funcional propuesta incorpora un producto de calidad pertinente. En un curso, una explicación debe ser comprensible, correcta y accesible; en un informe, las afirmaciones necesitan respaldo. La facilidad de producir amplía posibilidades y requiere capacidad de seleccionar. Esa relación permite observar cargas técnicas y humanas sin atribuir utilidad a cada pieza por existir (Litvinenko, 2026; Luccioni et al., 2024; Noy & Zhang, 2023).

El experimento de Noy y Zhang muestra beneficios de escritura profesional bajo condiciones definidas. Su resultado aporta un argumento favorable a asistencia, mientras una organización debe examinar revisión y continuidad de su práctica. La investigación de Doshi y Hauser añade diversidad colectiva a la valoración individual. La comparación permite preguntar qué gana el productor y qué recibe el conjunto de destinatarios. La síntesis conserva tareas y diseños, evitando sumar resultados como una medida universal de valor. La generación puede aportar utilidad y modificar propiedades que requieren observación separada (Doshi & Hauser, 2024; Noy & Zhang, 2023).

ATENCIÓN, COMPRENSIÓN Y MANTENIMIENTO

Un contenido publicado demanda tiempo de quienes lo reciben y de quienes lo mantienen. Un campus puede producir muchas versiones de instrucciones y crear contradicciones cuando cambian fechas. La evaluación debe registrar qué material utiliza, quién lo actualiza y cómo se retiran versiones obsoletas. Este ejemplo plantea un mecanismo posible, sin datos de implementación propios. El marco de conocimiento de Litvinenko ayuda a identificar información explícita y saber situado; la revisión de Cai y colaboradores amplía preguntas organizativas. La abundancia requiere una estructura de gestión para conservar pertinencia (Cai et al., 2026; Litvinenko, 2026).

La comprensión del destinatario puede empeorar si una salida extensa dificulta localizar la acción necesaria. La adaptación necesita observar tarea y experiencia, además de longitud. Las guías de interacción de Amershi y colaboradores ofrecen criterios para claridad, corrección y contexto; Shneiderman sitúa control humano dentro de confiabilidad. La propuesta editorial define qué información debe quedar visible y cómo el destinatario puede preguntar o corregir. Una mayor cantidad de explicaciones puede ser útil en una actividad compleja y excesiva en otra. La suficiencia exige conservar esa diferencia (Amershi et al., 2019; Shneiderman, 2020).

USO PERSONAL, CULTURA Y VALOR

El documento de trabajo de Chatterji y colaboradores describe diversidad de finalidades en conversaciones de un servicio y periodo. Clasificar actividades fuera del empleo remunerado como superfluas requiere un juicio que esas categorías no ofrecen. El aprendizaje, la expresión y el descanso pueden aportar valor. La deliberación ambiental debe reconocerlo y hacer discutibles criterios de necesidad. La perspectiva de desarrollo humano integral permite ampliar beneficio

más allá de productividad, mientras mantiene obligaciones de cuidado de recursos y de personas. La propuesta evita equiparar medida con una descalificación general del uso recreativo (Chatterji et al., 2025; GFT-CELAM, 2026).

La experiencia favorable también tiene límites de evidencia. Las percepciones estudiantiles de Chan y Hu y las actitudes investigadas por Cabero-Almenara y colaboradores aportan información sobre expectativas y desafíos. Sus diseños no establecen una medida completa de utilidad ni de impacto ambiental. Se propone combinar esas voces con observación de tareas y productos utilizados. Una satisfacción alta puede coexistir con contenido descartado o dificultad de aprendizaje posterior. La evaluación debe identificar qué valora cada participante y qué resultado espera la actividad (Cabero-Almenara et al., 2026; Chan & Hu, 2023; Holmes et al., 2022).

EXPLORACIÓN Y CIERRE DE PRODUCCIÓN

La exploración puede requerir variantes para comparar enfoques. El proceso necesita un criterio que permita elegir y reconocer cuándo producir más deja de mejorar la decisión. Se propone definir antes de generar las propiedades buscadas y el esfuerzo de revisión disponible. El criterio puede cambiar si aparece una necesidad nueva, con una razón explícita. Esta flexibilidad evita una regla rígida de cantidad y mantiene la relación entre generación y finalidad. La evidencia de convergencia creativa invita a comparar alternativas de procedencias distintas, conservando que esa aplicación requiere evaluación propia (Alier-Forment et al., 2026; Doshi & Hauser, 2024).

La falta de cierre puede trasladar carga a otros equipos. Un responsable puede generar versiones y pedir que docentes o administrativos elijan sin tiempo ni criterios. La decisión distribuye trabajo y requiere reconocerlo. Las investigaciones de bienestar y roles laborales aportan preguntas sobre autonomía y ambigüedad en contextos específicos. Yue y colaboradores estudian responsables de compras; Xie y colaboradores observan profesionales de enfermería. La síntesis utiliza esos antecedentes para examinar organización de revisión, sin atribuir sus resultados a la producción de materiales de un campus (Xie et al., 2026; Yue et al., 2026).

VOLUMEN Y EFECTO AGREGADO

La eficiencia por pieza puede coexistir con un aumento del número de piezas. El efecto total depende de demanda y utilidad, además de recursos unitarios. Van De Walle y Aerts revisan marcos de digitalización y sostenibilidad que permiten considerar efectos indirectos y compensaciones. Su incorporación aquí orienta una pregunta, sin aportar un cálculo del caso institucional. Se propone registrar cantidad generada, cantidad utilizada y esfuerzo de revisión durante un periodo definido. Ese seguimiento puede identificar expansión sin utilidad y justificar ajustes, conservando límites de medición (Schwartz et al., 2020; Van de Walle & Aerts, 2026).

La gula tecnológica se vuelve observable cuando el volumen sustituye una finalidad y las cargas quedan fuera de evaluación. La respuesta combina criterios de producción, revisión y uso, con participación de destinatarios. Una política puede conservar experimentación voluntaria y establecer condiciones más exigentes para materiales obligatorios. La revisión de guías universitarias aporta recomendaciones, mientras su eficacia requiere implementación evaluada. La propuesta relaciona abundancia con responsabilidad editorial y ambiental, evitando presuponer que toda generación es innecesaria o que toda salida constituye automáticamente un beneficio (Ares-Ferreirós et al., 2026; Raji et al., 2020; UNESCO, 2021).

EL CONTENIDO PRODUCIDO EXIGE ATENCIÓN Y CONSERVACIÓN

La facilidad para generar materiales cambia el límite práctico de la producción, pero la atención necesaria para leerlos, revisarlos y utilizarlos conserva restricciones. Una abundancia de documentos puede aumentar trabajo de selección y desplazar hacia el destinatario la responsabilidad de identificar qué información importa. También puede multiplicar versiones que necesitan almacenamiento y actualización, sin mejorar la comprensión de un tema. El valor educativo de un material depende de su relación con una actividad, de la calidad de sus fuentes y de la oportunidad para discutirlo; su extensión o novedad no sustituyen esas condiciones. La gula informativa se reconoce cuando la producción continúa sin una finalidad que justifique sus costos cognitivos y materiales. Una organización puede responder definiendo criterios de conservación, responsabilidades de actualización y motivos para cerrar una versión. Esta práctica

relaciona suficiencia con claridad comunicativa: producir lo necesario exige reconocer qué debe aprender el lector y qué trabajo se le está pidiendo realizar (Bender et al., 2021; Doshi & Hauser, 2024; Ji et al., 2023; Miao & Holmes, 2023).

DE LA EFICIENCIA A LA SUFICIENCIA DIGITAL

ELEGIR CAPACIDAD PROPORCIONAL

La eficiencia pregunta cómo obtener un servicio con menos recursos. La suficiencia pregunta qué servicio se necesita, con qué frecuencia y con qué nivel de capacidad. Ambas dimensiones se complementan. Un sistema especializado puede ser adecuado para una tarea delimitada; una herramienta generativa amplia puede justificarse por necesidades distintas. La selección requiere comparar calidad, costo y contexto. La literatura de Green AI y de inferencia aporta razones para incluir recursos en esa comparación (Luccioni et al., 2024; Schwartz et al., 2020).

La proporcionalidad socioambiental se propone como criterio de deliberación: examinar el valor esperado de una práctica respecto de sus cargas, alternativas y distribución. Es una elaboración conceptual de esta obra, propuesta para deliberar y sin presentarse como indicador validado. Su utilidad depende de documentar supuestos y de permitir participación. La pregunta por valor incluye beneficios culturales y de accesibilidad, y conserva límites de derechos que no pueden reducirse a una suma de ventajas (UNESCO, 2021).

APLICACIÓN ILUSTRATIVA EN UN CAMPUS UNIVERSITARIO

Una universidad quiere incorporar IA a elaboración de materiales. En el escenario propuesto, clasifica tareas por finalidad y revisa si requieren generación, búsqueda o reutilización de recursos existentes. Define criterios de calidad antes de solicitar variantes y registra qué productos llegan a utilizarse. El seguimiento compara recursos disponibles y resultados, distinguiendo consumos medidos de estimaciones. Las decisiones de compra incluyen información energética, mantenimiento y tratamiento de datos.

La literatura analizada muestra una brecha entre investigación sobre huella y reporte institucional específico de IA en educación superior. Leal Filho y colaboradores combinan análisis bibliométrico y casos institucionales para examinar esa distancia. El escenario propuesto responde con inventarios y responsabilidades de seguimiento, sin suponer que una universidad puede atribuir con exactitud todo consumo en nube. Documentar límites de medición constituye parte del control y permite mejorar progresivamente la evaluación (Leal Filho et al., 2026).

Leal Filho y colaboradores combinaron una bibliometría de 461 publicaciones de Scopus de 2014–2025 con análisis documental de 13 universidades seleccionadas por infraestructura y disponibilidad de información. Los casos examinan informes públicos de años distintos, aproximadamente 2020–2025. Encontraron consumos y emisiones generalmente agregados, sin atribución explícita a cargas de IA. El estudio identifica una limitación de información institucional; no midió directamente la huella de todos esos sistemas ni demuestra ausencia de iniciativas internas (Leal Filho et al., 2026).

La decisión ilustrativa de un campus puede consistir en comparar dos formas de preparar un material docente accesible: adaptar un recurso existente o generar varias versiones nuevas. Antes de comenzar, el equipo define calidad, accesibilidad y cantidad necesaria. Registra tarea, operaciones, tiempo de revisión, modelo o servicio y datos ambientales disponibles. El responsable distingue mediciones de estimaciones y solicita al proveedor la frontera de cada indicador. La alternativa se elige por el servicio obtenido y sus cargas conocidas; la propuesta no aporta resultados empíricos de un campus real.

Si el ahorro por operación coexiste con un aumento de producción que nadie utiliza, el equipo modifica la frecuencia o la configuración. Si un recurso más pequeño mantiene calidad y accesibilidad, puede preferirse. Cuando faltan datos ambientales, el beneficio educativo puede justificar un ensayo acotado, pero no una comunicación que afirme reducción demostrada de emisiones o agua. Limitar implica decidir cuánto producir y qué información basta para sostener una afirmación pública; también incluye detener una generación cuando el material ya cumple su finalidad.

EFICIENCIA Y SUFICIENCIA NECESITAN RESULTADOS DEFINIDOS

La eficiencia depende de la relación entre recursos y servicio. La suficiencia examina qué servicio conviene producir y qué capacidad requiere. Ambas preguntas necesitan calidad y finalidad explícitas. Un modelo pequeño puede ser suficiente para una clasificación delimitada y resultar inadecuado para otra actividad. Un sistema amplio puede ofrecer funciones útiles y añadir recursos sin beneficio cuando se aplica a una tarea simple. La decisión debe comparar configuraciones según necesidad, conservando información técnica y condiciones de uso. Green AI y la investigación de inferencia aportan razones para evaluar esa proporcionalidad (Luccioni et al., 2024; Schwartz et al., 2020).

Una alternativa también puede consistir en reutilizar o adaptar un recurso existente. La comparación requiere revisar actualidad, permisos, accesibilidad y esfuerzo de cambio. Generar contenido nuevo puede resultar necesario cuando el material disponible no responde a destinatarios o finalidad. La propuesta evita convertir reutilización en una regla universal. Su criterio es obtener el servicio pertinente con cargas justificables, según datos disponibles. La autonomía educativa permite que docentes y estudiantes participen en definir calidad, en vez de aceptar una elección basada únicamente en demostración técnica o precio visible (Alier-Forment et al., 2026; Holmes et al., 2022).

CALIDAD EQUIVALENTE Y APOYOS NECESARIOS

La comparación ambiental pierde sentido si las alternativas ofrecen servicios de calidad distinta y esa diferencia se omite. Un material más breve puede utilizar menos recursos y dejar sin explicación un paso esencial. Una versión accesible puede requerir trabajo adicional que produce un beneficio pertinente. La institución debe declarar propiedades que necesita conservar y observarlas en destinatarios. Las experiencias cualitativas de estudiantes regionales estudiadas por Kornhaber y colaboradores orientan preguntas sobre condiciones de aprovechamiento, con su población australiana explícita. La evaluación local debe producir información propia (Amershi et al., 2019; Kornhaber et al., 2026).

La alfabetización puede ayudar a elegir herramientas, comprobar resultados y reconocer límites. Long y Magerko y Ng y colaboradores aportan competencias que incluyen evaluación y dimensión ética. Una formación ambiental puede añadir lectura de unidades y fronteras, sin presentar una cantidad universal por consulta. La capacitación debe observar decisiones reales: identificar qué recurso necesita una tarea, distinguir medición de proyección y explicar qué incertidumbre conserva una afirmación. Estas actividades constituyen propuestas cuyo resultado requiere evaluación. Su valor se relaciona con capacidad de decidir, además de familiaridad con una interfaz (Long & Magerko, 2020; Ng et al., 2021).

DATOS DISPONIBLES Y UMBRALES DISCUTIBLES

La institución puede definir qué información necesita antes de ampliar un uso. El requisito depende de consecuencias y de capacidad para obtener datos. Se propone distinguir condiciones imprescindibles de decisiones que admiten un ensayo acotado con incertidumbre. Los umbrales deben justificarse y revisarse, evitando inventar una cifra universal de aceptación. La gestión de riesgo organiza gobernanza, mapeo, medición y respuesta; la síntesis aplica esa relación a decisiones de recursos. Un dato ambiental debe vincularse con una facultad de ajustar, además de recopilarse para un informe (Raji et al., 2020; Tabassi, 2023).

La incertidumbre puede afectar la comparación y no eliminar toda posibilidad de actuar. Una universidad puede elegir una configuración suficiente por calidad y costo, mientras solicita mejores datos de infraestructura. Debe comunicar la razón conocida y evitar afirmar un ahorro ambiental todavía no demostrado. Esta separación permite reconocer beneficios sin exceder evidencia. Los principios de transparencia y prevención de daño orientan decisiones; Mittelstadt recuerda que su formulación requiere práctica. La propuesta consiste en hacer explícita la relación entre motivo de adopción, información disponible y seguimiento comprometido (Floridi & Cowls, 2019; Jobin et al., 2019; Mittelstadt, 2019).

PARTICIPACIÓN Y SOSTENIBILIDAD HUMANA

El criterio de suficiencia incluye trabajo y bienestar. Una reducción de generación puede aliviar revisión o dificultar una actividad si elimina opciones necesarias. La decisión debe escuchar a quienes producen y utilizan materiales. Los marcos recientes de bienestar de Filippelli, Cimino y Zhou y colaboradores amplían dimensiones emocionales, sociales, cognitivas y de apropiación. El acceso limitado a extractos de estas publicaciones no permite atribuir magnitudes ni causalidad a esos trabajos. Su función consiste en formular preguntas sobre cargas y capacidad de intervenir, manteniendo separada la medición ambiental (Cimino et al., 2026; Filippelli et al., 2026; Zhou et al., 2026).

La participación puede modificar prioridades. Un equipo puede valorar más accesibilidad que cantidad de variantes; otro puede necesitar diversidad de ejemplos para una población heterogénea. Estas razones deben explicarse y observarse. La voz laboral estudiada en casos alemanes aporta un antecedente situado sobre intervención en decisiones, sin garantizar transferencia a un campus. La propuesta identifica quién decide, qué información recibe y qué efecto puede tener una objeción. La suficiencia se entiende entonces como deliberación sobre servicio y cargas, con recursos y responsabilidades que permiten revisar (Doellgast et al., 2026; GFT-CELAM, 2026; UNESCO, 2021).

SEGUIMIENTO DE UNA ACTIVIDAD COMPLETA

Se propone evaluar un periodo de producción registrando tareas, productos utilizados, calidad, operaciones y tiempo de revisión. Los datos ambientales disponibles se incorporan con frontera y método. El informe debe separar lo observado de lo estimado y de lo desconocido. Los inventarios de campus y la revisión institucional de Leal Filho y colaboradores muestran por qué la atribución específica necesita trabajo adicional. El seguimiento puede comenzar con información de actividad y mejorar progresivamente, conservando que una disminución de consultas no acredita por sí sola una reducción cuantificada de toda la huella (Henderson et al., 2020; Leal Filho et al., 2026; Morales et al., 2026).

La proporcionalidad socioambiental permanece una propuesta conceptual que necesita contraste. Su utilidad debería evaluarse por la capacidad de identificar cargas, modificar decisiones y conservar resultados pertinentes. Puede fallar si los datos son incomparables, si excluye beneficios culturales o si quienes soportan consecuencias carecen de voz. Estas condiciones forman parte de la agenda de investigación, en lugar de ocultarse detrás de un indicador único. El capítulo propone una deliberación informada sobre recursos y finalidad, con facultad de limitar y corregir cuando la actividad crece sin aportar el servicio buscado (UNESCO, 2021; Van de Walle & Aerts, 2026).

SUFICIENCIA Y CALIDAD COMO DECISIONES COMPATIBLES

La suficiencia necesita una concepción explícita de calidad para evitar que la reducción de recursos se convierta en deterioro del servicio. Una tarea educativa puede requerir explicaciones extensas, accesibilidad y oportunidades de práctica; otra puede resolverse con un material breve y estable. La decisión se vuelve defendible cuando compara alternativas que cumplen una finalidad equivalente y describe qué consecuencias introduce cada una. Las mediciones ambientales conservan su escala y sus fronteras, mientras los criterios educativos permiten discutir qué beneficios justifican determinadas cargas. Esta relación admite que una actividad de mayor consumo resulte necesaria y exige explicar su pertinencia en vez de asumir que todo ahorro equivale a mejora. También requiere observar resultados después de la adopción, porque una solución eficiente puede promover volumen adicional o generar trabajo de revisión. La propuesta de suficiencia une planificación material y deliberación pedagógica, conservando la capacidad de ajustar uso, calidad y continuidad según evidencia situada (Ghosh et al., 2025; Morales et al., 2026; Sang et al., 2026; Schwartz et al., 2020; Van de Walle & Aerts, 2026).

APLICACIÓN ILUSTRATIVA: MATERIALES DOCENTES CON CALIDAD Y RECURSOS DEFINIDOS

Un campus considera utilizar IA para preparar materiales de una asignatura. El caso es una propuesta sin implementación observada. El objetivo consiste en obtener recursos correctos,

accesibles y utilizables para una actividad concreta. El equipo define destinatarios, contenido y cantidad necesaria antes de comparar alternativas. Esta definición permite observar el servicio terminado y evita utilizar número de variantes como único indicador de éxito. Los docentes conservan responsabilidad por contenido y pueden solicitar ayuda pertinente, mientras estudiantes participan en identificar claridad y barreras de uso (Alier-Forment et al., 2026; Amershi et al., 2019; Holmes et al., 2022).

Se comparan adaptar un recurso existente y producir material nuevo con asistencia. La primera opción requiere revisar actualidad, condiciones de uso y adecuación; la segunda requiere generación, selección y comprobación. El caso no atribuye de antemano una ventaja ambiental a ninguna. La comparación debe conservar calidad equivalente y operaciones necesarias. Si una alternativa omite una explicación esencial o no funciona con tecnologías de apoyo, su menor carga no representa el mismo servicio. La decisión debe identificar qué propiedad necesita corregirse antes de considerar resultados comparables (Kornhaber et al., 2026; Luccioni et al., 2024; Schwartz et al., 2020).

El registro de actividad incluye materiales revisados, salidas generadas, productos utilizados y tiempo de comprobación. Se documenta el modelo o servicio cuando la información esté disponible, así como parámetros y periodo pertinentes. Las variantes descartadas forman parte de operaciones realizadas, aunque carezcan de utilidad final. El equipo observa qué razones justifican generarlas y qué criterio permite detener exploración. Esta información puede ayudar a identificar expansión sin resultado y ajustar práctica. La propuesta no convierte tiempo humano y energía en una cifra común; conserva dimensiones separadas para deliberar (Doshi & Hauser, 2024; Litvinenko, 2026; Noy & Zhang, 2023).

Los datos ambientales se clasifican como medición, estimación o desconocimiento. Un consumo registrado de un equipo local pertenece a una frontera distinta de una estimación agregada de nube. El responsable solicita definiciones de indicadores y conserva sus fuentes. Si utiliza una herramienta como Green Algorithms, declara entradas y supuestos. También identifica fases excluidas. Esta ficha permite revisar resultados y evita comunicar una cifra general por consulta como medición propia. La ausencia de información puede motivar una solicitud o una restricción de alcance, sin autorizar inventar un valor (Henderson et al., 2020; Lannelongue et al., 2021; Tabassi, 2023).

La contabilidad del campus aporta contexto y necesita una atribución adicional para IA. El antecedente colombiano de Morales y colaboradores permite reconocer organización, periodo y alcances; la revisión de Leal Filho y colaboradores muestra límites en reportes universitarios. El equipo conserva esa distancia y evita asignar al material toda la huella de la institución. Puede comenzar por operaciones y equipos identificables, explicando qué infraestructura compartida permanece fuera. Una mejora en información de actividad constituye un resultado de seguimiento, aunque todavía no permita un cálculo completo de carbono o agua (Leal Filho et al., 2026; Morales et al., 2026).

La comparación de equipos incluye mantenimiento, uso compartido y vida remanente cuando se considere una compra. Un desempeño más alto debe relacionarse con necesidad y carga de fabricación. Los modelos de recursos materiales y escenarios de residuos orientan preguntas, sin proporcionar una cifra automática del caso. El campus identifica qué alternativas puede sostener con sus capacidades y qué destino tendrán equipos retirados. La propuesta requiere comprobar rutas y recursos, en lugar de aceptar una etiqueta de renovación sostenible sin información sobre periodo, operación y fin de uso (Falk et al., 2026; ITU, 2024a; Wang et al., 2024).

La evaluación de calidad puede utilizar revisión docente y actividades con destinatarios, diferenciando percepciones y comprensión. Un estudiante puede preferir una versión y seguir necesitando apoyo para aplicar un concepto. Las investigaciones de actitudes y percepciones aportan preguntas, sin representar resultados del campus propuesto. El equipo conserva una modalidad alternativa y observa barreras. La alfabetización puede incluir decisiones de selección y lectura de unidades, con evaluación de aprendizaje pertinente. La finalidad es obtener un recurso utilizable y comprender qué condiciones hacen posible ese uso (Cabero-Almenara et al., 2026; Chan & Hu, 2023; Long & Magerko, 2020; Ng et al., 2021).

El seguimiento observa efecto unitario y volumen total. Si disminuyen operaciones por material y aumenta producción que no se utiliza, se revisan frecuencia y criterios de selección. Si una adaptación accesible exige más trabajo y mejora participación, esa razón se declara. La deliberación puede aceptar una carga por un beneficio pertinente y conservar incertidumbre ambiental. Van De Walle y Aerts aportan una revisión de compensaciones en digitalización; su función es ampliar preguntas, sin calcular un balance del campus. La decisión necesita evidencia

de sus actividades y una facultad de ajuste (Raji et al., 2020; UNESCO, 2021; Van de Walle & Aerts, 2026).

Los responsables pueden autorizar un uso delimitado, modificar configuración o posponer expansión. La comunicación explica motivo, resultados observados y preguntas abiertas. Una elección por beneficio pedagógico no se presenta como reducción ambiental demostrada cuando faltan datos. La evaluación posterior debe comparar periodos y condiciones, registrar efectos adversos y revisar supuestos. El caso ilustra cómo unir servicio, recursos y responsabilidad; su eficacia requiere investigación. La proporcionalidad socioambiental sirve como criterio de deliberación revisable y mantiene separados derechos, calidad e indicadores materiales (Floridi & Cowsls, 2019; Tabassi, 2023).

Table 7. Fronteras necesarias para interpretar cargas materiales

Dimensión	Unidad o condición	Distinción necesaria
Electricidad	Periodo, tarea y hardware	IA y total de centros de datos
Agua	Proceso, cuenca y estación	Uso directo e indirecto
Materiales	Equipo y vida útil	Fabricación y operación
Residuos	Retiro y tratamiento	Todo el sector electrónico e IA

Nota. Elaboración conceptual a partir de (Falk et al., 2026; IEA, 2025; ITU, 2024a; Li et al., 2025). Los contrastes organizan el argumento y no representan resultados propios de implementación.

CONCLUSIONES

La gula tecnológica se comprende mejor al unir infraestructura material y finalidades de uso. Una crítica sustentada conserva diferencias entre energía, emisiones, agua y residuos, y entre datos sectoriales y cargas atribuibles. La eficiencia ofrece posibilidades de reducción; la suficiencia evita que la capacidad disponible determine por sí sola la demanda. El criterio de proporcionalidad permite discutir qué beneficios se buscan y qué recursos se comprometen para alcanzarlos.

La producción desmedida puede utilizarse además para amplificar conflictos. La abundancia de contenidos falsos o agresivos convierte la escala en parte del daño. El capítulo siguiente estudia la ira desde desinformación, violencia y responsabilidad institucional. La pregunta ambiental sobre volumen se conecta así con una pregunta social: qué ocurre cuando la facilidad de producir se orienta a perjudicar a otras personas.

La revisión reconstruye la materialidad de una actividad que la interfaz presenta como inmediata. Fabricación, operación, electricidad, agua y residuos pertenecen a cadenas y fronteras diferentes. Una cifra útil necesita conservar unidad, territorio, periodo y método. Los datos sectoriales contextualizan; las mediciones describen su objeto; las estimaciones dependen de entradas; los escenarios proyectan condiciones. Mantener estas diferencias permite formular una crítica ambiental defendible y reconocer mejoras parciales sin convertirlas en una garantía sobre toda la huella (Henderson et al., 2020; Li et al., 2025; Masanet et al., 2020; Xiao et al., 2025).

La eficiencia debe relacionarse con suficiencia. Reducir recursos por operación puede coexistir con crecimiento de volumen, y producir más contenido puede aumentar revisión sin mejorar servicio. La unidad funcional propuesta incorpora calidad y utilidad para destinatarios. Este enfoque permite comparar alternativas de manera más pertinente y conservar beneficios educativos, culturales y de accesibilidad. La generación tiene valor cuando contribuye a una actividad; su cantidad requiere criterios de selección y cierre. El capítulo no define una frecuencia universal ni una cifra ambiental por mensaje (Holmes et al., 2022; Luccioni et al., 2024; Schwartz et al., 2020; Van de Walle & Aerts, 2026).

La distribución añade trabajo y territorio a la deliberación. Una decisión puede trasladar cargas fuera del lugar donde se recibe beneficio, y la revisión humana puede permanecer invisible en un indicador técnico. La perspectiva ecosocial y los estudios organizativos aportan preguntas que requieren documentación local. La sostenibilidad de una adopción incluye capacidades para mantener y corregir, además de información sobre equipos. Reconocer límites de intervención permite actuar sobre decisiones disponibles y evitar prometer efectos específicos que el seguimiento no observa (Doellgast et al., 2026; GFT-CELAM, 2026; Raji et al., 2020; UNCTAD, 2024).

La aplicación de materiales docentes ilustra una comparación con servicio, registros y fronteras definidos. Sus efectos permanecen pendientes de evaluación. Los inventarios universitarios y la literatura sobre reporte muestran que atribuir una carga a IA exige información

adicional, especialmente en infraestructura compartida. La agenda posterior debe estudiar calidad equivalente, actividad total, vida útil y criterios de asignación, y comunicar incertidumbre. También debe observar si los procedimientos de suficiencia mejoran decisiones o generan cargas sin información útil (Leal Filho et al., 2026; Luccioni et al., 2023; Morales et al., 2026).

La proporcionalidad socioambiental se ofrece como una propuesta conceptual, con condiciones y límites discutibles. Su valor dependerá de hacer visibles compensaciones, conservar participación y permitir modificar prácticas. Los beneficios de aplicaciones climáticas y de asistencia se consideran junto con sus cargas, sin declarar un balance universal. La conclusión central es que limitar requiere una finalidad, una comparación pertinente y una capacidad de respuesta. La medida adquiere contenido cuando esas condiciones permiten producir lo que sirve y corregir el crecimiento que pierde relación con la necesidad (Kaack et al., 2022; Noy & Zhang, 2023; UNESCO, 2021).

Declaración de uso de inteligencia artificial

Se utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa como apoyo en los procesos de organización, redacción y revisión del manuscrito. Su utilización se limitó a funciones de asistencia editorial y analítica, bajo supervisión y validación permanente de los autores. Las propuestas, interpretaciones y escenarios desarrollados en el texto corresponden a elaboraciones de carácter analítico y no constituyen resultados derivados de procesos de implementación empírica. Las herramientas de inteligencia artificial empleadas no reciben atribución de autoría ni sustituyen las fuentes científicas, documentales y académicas citadas. La selección de las fuentes, la interpretación de la evidencia, la construcción argumentativa, la revisión final del contenido y la decisión de someter el manuscrito a publicación son responsabilidad exclusiva de los autores.

REFERENCIAS

- Alíer-Forment, M., Casañ-Guerrero, M. J., Pereira-Varela, J. A., García-Peñalvo, F. J., & Llorens-Largo, F. (2026). Inteligencia artificial generativa y autonomía educativa: Metáforas históricas y principios éticos para la transformación pedagógica. *RIED Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 29(1), 9–28. <https://doi.org/10.5944/ried.45536>
- Amershi, S., Weld, D., Vorvoreanu, M., Fourney, A., Nushi, B., Collisson, P., Suh, J., Iqbal, S., Bennett, P. N., Inkpen, K., Teevan, J., Kikin-Gil, R., & Horvitz, E. (2019). Guidelines for human-AI interaction. En *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–13). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300233>
- Ares-Ferreirós, M., de la Cruz-Campos, J. C., Morodo Horrillo, A., & Robert Guillén, S. (2026). Buenas prácticas en el uso de la IA generativa en las universidades. Un análisis documental. *Innoeduca International Journal of Technology and Educational Innovation*, 12(1), 5–20. <https://doi.org/10.24310/ijtei.121.2026.22152>
- Bender, E. M., Gebru, T., McMillan-Major, A., & Shmitchell, S. (2021). On the dangers of stochastic parrots: Can language models be too big? En *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (pp. 610–623). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3442188.3445922>
- Cabero-Almenara, J., Barroso-Osuna, J., Loaiza Aguirre, M. I., & Palacios-Rodríguez, A. (2026). Artificial intelligence in higher education: Cognitive, emotional, behavioral and ethical attitudes of Latin American students. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 15, Article 13. <https://doi.org/10.1007/s44322-026-00063-2>
- Cai, F., Bolisani, E., Nakash, M., & Kassaneh, T. C. (2026). AI-driven knowledge management for sustainable businesses: A comprehensive analysis. *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*. Publicación anticipada en línea. <https://doi.org/10.1108/VJKMS-09-2025-0444>
- Chan, C. K. Y., & Hu, W. (2023). Students' voices on generative AI: Perceptions, benefits, and challenges in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, 43. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00411-8>
- Chatterji, A., Cunningham, T., Deming, D. J., Hitzig, Z., Ong, C., Shan, C. Y., & Wadman, K. (2025). *How people use ChatGPT* (Working Paper No. 34255). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w34255>
- Cimino, A., Corvello, V., Longo, F., Solina, V., & Thomas, A. (2026). Humanizing artificial intelligence: How employee appropriation of technology can improve well-being. *Technological Forecasting and Social Change*, 230, 124737. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2026.124737>
- Cortina, A. (2024). ¿Ética o ideología de la inteligencia artificial? *El eclipse de la razón comunicativa en una sociedad tecnologizada*. Paidós.
- Crocco, E., Ballesio, E., Broccardo, L., & Alghafes, R. (2026). Welcome to the dark side: Unveiling the potential risks related to the implementation of Artificial Intelligence. *Journal of Risk Research*. Publicación anticipada en línea. <https://doi.org/10.1080/13669877.2025.2611954>
- de Vries, A. (2023). The growing energy footprint of artificial intelligence. *Joule*, 7(10), 2191–2194. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2023.09.004>
- Dodge, J., Prewitt, T., Tachet des Combes, R., Odmark, E., Schwartz, R., Strubell, E., Luccioni, A. S., Smith, N. A., DeCario, N., & Buchanan, W. (2022). Measuring the carbon intensity of AI in cloud instances. En *Proceedings of the 2022 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (pp. 1877–1894). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3531146.3533234>
- Doellgast, V., Kämpf, T., & Langes, B. (2026). Building worker voice and power in AI decisions: Three cases in the German ICT industry. *Work and Occupations*. Publicación anticipada en línea. <https://doi.org/10.1177/07308884251412886>
- Doshi, A. R., & Hauser, O. P. (2024). Generative AI enhances individual creativity but reduces the collective diversity of novel content. *Science Advances*, 10(28), Article eadn5290. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adn5290>
- Falk, S., Kluge Corrêa, N., Luccioni, S., Biber-Freudenberger, L., & van Wynsberghe, A. (2026). From computation to environmental cost the resource burden of artificial intelligence. *Communications Earth & Environment*, 7, 397. <https://doi.org/10.1038/s43247-026-03537-5>
- Filippelli, S., Popescu, I. A., Verteramo, S., Tani, M., & Corvello, V. (2026). Generative AI and employee well-being: Exploring the emotional, social, and cognitive impacts of adoption. *Journal of Innovation & Knowledge*, 11, 100844. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2025.100844>
- Floridi, L., & Cowls, J. (2019). A unified framework of five principles for AI in society. *Harvard Data Science Review*, 1(1). <https://doi.org/10.1162/99608f92.8cd550d1>
- Fox, G., & Solihin, Y. (2026). Exploring organizational implementation of generative AI: Navigating benefits and safety risks. *Journal of Decision Systems*, 35(1), 2649940. <https://doi.org/10.1080/12460125.2026.2649940>
- Ghosh, V., Chotia, V., Alghafes, R., Basahel, S., & Nazrul, A. (2025). Bridging AI minds and corporate sustainability: Exploring the role of business model innovation and organizational sensemaking. *Technological Forecasting and Social Change*, 218, Article 124229. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124229>
- Grupo de Trabajo de Frontera Tecnológica del Celam. (2026). *Inteligencia artificial y desarrollo humano integral*. Consejo Episcopal Latinoamericano y Caribeño. <https://repositorio.celam.org/s/repositorio/item/3387>
- Henderson, P., Hu, J., Romoff, J., Brunskill, E., Jurafsky, D., & Pineau, J. (2020). Towards the systematic reporting of the energy and carbon footprints of machine learning. *Journal of Machine Learning Research*, 21(248), 1–43. <https://www.jmlr.org/papers/v21/20-312.html>
- Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Buckingham Shum, S., Santos, O. C.,

- Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., & Koedinger, K. R. (2022). Ethics of AI in education: Towards a community-wide framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32, 504–526. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00239-1>
- International Energy Agency. (2025). *Energy and AI*. <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>
- International Telecommunication Union. (2024a). *The global e-waste monitor 2024*. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Pages/Publications/The-Global-E-waste-Monitor-2024.aspx>
- Ji, Z., Lee, N., Frieske, R., Yu, T., Su, D., Xu, Y., Ishii, E., Bang, Y., Madotto, A., & Fung, P. (2023). Survey of hallucination in natural language generation. *ACM Computing Surveys*, 55(12), Article 248. <https://doi.org/10.1145/3571730>
- Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence*, 1, 389–399. <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0088-2>
- Kaack, L. H., Donti, P. L., Strubell, E., Kamiya, G., Creutzig, F., & Rolnick, D. (2022). Aligning artificial intelligence with climate change mitigation. *Nature Climate Change*, 12, 518–527. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01377-7>
- Kornhaber, R., Bragg, S., Matheson, A., & Irwin, P. (2026). Qualitative inquiry into generative artificial intelligence impact on rural and regional higher education. *Australian and International Journal of Rural Education*, 36(2), 1–23. <https://doi.org/10.47381/aijre.v36i2.812>
- Lannelongue, L., Grealey, J., & Inouye, M. (2021). Green algorithms: Quantifying the carbon footprint of computation. *Advanced Science*, 8(12), Article 2100707. <https://doi.org/10.1002/advs.202100707>
- Leal Filho, W., Luetz, J. M., Almulhim, A. I., & Dinis, M. A. P. (2026). Assessing the carbon footprint of artificial intelligence in higher education: A bibliometric and institutional analysis. *Environmental Sciences Europe*, 38, Article 132. <https://doi.org/10.1186/s12302-026-01414-8>
- Lei, N., Lu, J., Shehabi, A., & Masanet, E. R. (2025). The water use of data center workloads: A review and assessment of key determinants. *Resources, Conservation and Recycling*, 219, Article 108310. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2025.108310>
- Li, P., Yang, J., Islam, M. A., & Ren, S. (2025). Making AI less “thirsty”. *Communications of the ACM*, 68(7), 54–61. <https://doi.org/10.1145/3724499>
- Litvinenko, A. (2026). The knowledge collaboration framework: A review of artificial intelligence in organisational learning and knowledge management. *Journal of Decision Systems*, 35(1), 2616703. <https://doi.org/10.1080/12460125.2026.2616703>
- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. En *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–16). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>
- Luccioni, A. S., Jernite, Y., & Strubell, E. (2024). Power hungry processing: Watts driving the cost of AI deployment? En *Proceedings of the 2024 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (pp. 85–99). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3630106.3658542>
- Luccioni, A. S., Viguier, S., & Ligozat, A.-L. (2023). Estimating the carbon footprint of BLOOM, a 176B parameter language model. *Journal of Machine Learning Research*, 24(253), 1–15. <https://www.jmlr.org/papers/v24/23-0069.html>
- Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S., & Koomey, J. (2020). Recalibrating global data center energy-use estimates. *Science*, 367(6481), 984–986. <https://doi.org/10.1126/science.aba3758>
- Miao, F., & Holmes, W. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO. <https://www.unesco.org/en/articles/guidance-generative-ai-education-and-research>
- Mittelstadt, B. (2019). Principles alone cannot guarantee ethical AI. *Nature Machine Intelligence*, 1, 501–507. <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0114-4>
- Morales, O., Pardo, N., & Gonzalez, J. P. (2026). Carbon footprint assessment for university campuses using corporate accounting and reporting standard protocol. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 12(2), 625–650. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2026.02.08>
- Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W., & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, Article 100041. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100041>
- Noy, S., & Zhang, W. (2023). Experimental evidence on the productivity effects of generative artificial intelligence. *Science*, 381(6654), 187–192. <https://doi.org/10.1126/science.adh2586>
- Patterson, D., Gonzalez, J., Le, Q., Liang, C., Munguia, L.-M., Rothchild, D., So, D., Texier, M., & Dean, J. (2021). *Carbon emissions and large neural network training* [Prepublicación]. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2104.10350>
- Privette, A. P., Barros, A., & Cai, X. (2026). Data centers water footprint: The need for more transparency. *AGU Advances*, 7(2), Article e2025AV002140. <https://doi.org/10.1029/2025AV002140>
- Raji, I. D., Smart, A., White, R. N., Mitchell, M., Gebru, T., Hutchinson, B., Smith-Loud, J., Theron, D., & Barnes, P. (2020). Closing the AI accountability gap: Defining an end-to-end framework for internal algorithmic auditing. En *Proceedings of the 2020 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (pp. 33–44). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3351095.3372873>
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2004). *Inteligencia artificial. Un enfoque moderno* (J. M. Corchado Rodríguez, F. Martín Rubio, J. M. Cadenas Figueredo, L. D. Hernández Molinero, E. Paniagua Arís, R. Fuentetaja Pinzán, M. Robledo de los Santos, & R. Rizo Aldeguer, trads.; 2.ª ed.). Pearson Educación.
- Sang, Y., Loganathan, K., & Lin, L. (2026). Artificial intelligence and corporate sustainability: Evidence from China's national artificial intelligence innovation and development pilot zone policy. *Sustainability*, 18(6), 3113. <https://doi.org/10.3390/su18063113>
- Schwartz, R., Dodge, J., Smith, N. A., & Etzioni, O. (2020). Green AI. *Communications of the ACM*, 63(12), 54–63.

<https://doi.org/10.1145/3381831>

Shehabi, A., Smith, S. J., Hubbard, A., Newkirk, A., Lei, N., Siddik, M. A. B., Holecek, B., Koomey, J., Masanet, E., & Sartor, D. (2024). *2024 United States data center energy usage report* (LBNL-2001637). Lawrence Berkeley National Laboratory. <https://doi.org/10.71468/P1WC7Q>

Shneiderman, B. (2020). Human-centered artificial intelligence: Reliable, safe & trustworthy. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 36(6), 495–504. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1741118>

Strubell, E., Ganesh, A., & McCallum, A. (2019). Energy and policy considerations for deep learning in NLP. En *Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (pp. 3645–3650). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/P19-1355>

Tabassi, E. (2023). *Artificial intelligence risk management framework (AI RMF 1.0)* (NIST AI 100-1). National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1>

Tomlinson, B., Black, R. W., Patterson, D. J., & Torrance, A. W. (2024). The carbon emissions of writing and illustrating are lower for AI than for humans. *Scientific Reports*, 14, Article 3732. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54271-x>

UNESCO. (2021). *Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial*. <https://www.unesco.org/en/artificial-intelligence/recommendation-ethics>

United Nations Conference on Trade and Development. (2024). *Digital economy report 2024: Shaping an environmentally sustainable and inclusive digital future*. https://unctad.org/system/files/official-document/der2024_en.pdf

Van de Walle, A., & Aerts, G. (2026). Structuring the sustainability of corporate digitalization: A review of existing frameworks and recommendations to improve procedural rationality. *Technology in Society*, 87, 103358. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2026.103358>

Wang, P., Zhang, L.-Y., Tzachor, A., & Chen, W.-Q. (2024). E-waste challenges of generative artificial intelligence. *Nature Computational Science*, 4, 818–823. <https://doi.org/10.1038/s43588-024-00712-6>

Weidinger, L., Mellor, J., Rauh, M., Griffin, C., Uesato, J., Huang, P.-S., Cheng, M., Glaese, M., Balle, B., Kasirzadeh, A., Kenton, Z., Brown, S., Hawkins, W., Stepleton, T., Biles, C., Birhane, A., Haas, J., Rimell, L., Hendricks, L. A., ... Gabriel, I. (2021). *Ethical and social risks of harm from language models* [Prepublicación]. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2112.04359>

Xiao, T., Fuso Nerini, F., Matthews, H. D., Tavoni, M., & You, F. (2025). Environmental impact and net-zero pathways for sustainable artificial intelligence servers in the USA. *Nature Sustainability*, 8, 1541–1553. <https://doi.org/10.1038/s41893-025-01681-y>

Xie, M., Xu, J., Liu, Y., Su, H., Long, Q., & Zou, Y. (2026). Work autonomy mediates associations between medical AI readiness and well being in a three wave nurse study. *Scientific Reports*, 16, 23474. <https://doi.org/10.1038/s41598-026-58212-8>

Yue, X., Zhang, Y., Kang, M., Hu, H., & Li, C. (2026). The impact of AI-integrated purchasing management on managers' well-being: A dual-pathway view. *Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review*, 212, 104942. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2026.104942>

Zhou, J., Lu, Y., & Li, W. (2026). Human-centric sustainability in organizations: The role of GAI literacy in individual well-being and innovative performance. *Telecommunications Policy*, 50, 103273. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2026.103273>