


Digitalización con descarbonización

Gregorio Martín Quetglas y Andrés Ortega



Digitalización con descarbonización

Gregorio Martín Quetglas | Catedrático emérito de la Universidad Politécnica de Valencia

Andrés Ortega | Investigador senior asociado del Real Instituto Elcano |
@andresortegak 

Índice

Resumen.....	3
(1) Introducción.....	3
(2) El sistema ecológico de la digitalización	5
(3) Efectos directos e indirectos	7
(4) Impacto de algunas tecnologías	9
Big Data e IA	11
Internet de las Cosas/5G	13
Blockchain, monedas digitales y criptomonedas	13
(5) Esfuerzo desde empresas	14
Google.....	15
Amazon	16
Telefónica.....	16
Otras empresas	16
(6) Políticas público-privadas	18
(7) Fortalezas y debilidades de España.....	20
(8) Conclusiones y propuestas: medir y supervisar, la necesidad de un barómetro	22

Resumen

Según cómo, la digitalización puede ayudar o agravar la lucha contra el cambio climático. Conciliar estas dos tendencias, estas dos transiciones, hacer que se complementen y no se enfrenten, es uno de los grandes retos de nuestros tiempos, muy especialmente cuando ambas transiciones son elementos esenciales de la recuperación y transformación de la economía y de la sociedad tras la crisis derivada del COVID-19. La tecnología, incluido lo que se entiende por digitalización (como la Inteligencia Artificial) se ha convertido en un instrumento indispensable para conseguir los objetivos de una economía verde, no contaminante. Pero, a su vez, genera un alto grado de contaminación. Aunque hay debate sobre las métricas, diversos estudios coinciden en que en 2018-2020 el sector digital en su totalidad consume un 3% de la energía primaria¹ global y un 7% de la energía eléctrica, y genera un 5% de las emisiones globales de CO₂. El consumo de electricidad por el sector digital va en aumento rápido (un 9% al año), aunque sus efectos climáticos dependen mucho de la fuente de energía que se utilice, si es de origen fósil y generadora de emisiones de gases de efecto invernadero, o limpia. Esa es una clave. A este respecto, se están finalmente haciendo progresos desde las propias empresas, y desde las instituciones nacionales, europeas e internacionales. En este documento se analizan la contribución general de las tecnologías de la información y la comunicación a la lucha contra el cambio climático, sus efectos directos e indirectos en la emisión de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, y las políticas público-privadas que se están poniendo en marcha para lograr una alianza positiva entre estas dos transiciones. Proponemos afinar las métricas y crear un barómetro nacional y otro europeo de seguimiento de las buenas prácticas públicas y privadas en este ámbito.

(1) Introducción²

Se suele pensar en lo digital como un marco ligero, alejado de la contundencia física y energética del sector industrial tradicional. Sin embargo, este no es el caso en un mundo con una miríada de ordenadores de todos los tamaños, miles de kilómetros de cables, de cobre y de fibra, e información que circula por ella, enormes centros de datos, multitud de antenas (fuera y dentro de nuestras casa y oficinas), constelaciones de satélites e innumerables terminales de usuario de fabricación sofisticada y con gran consumo de energía en su fabricación y uso. Así, en el comienzo de la Cuarta Revolución Industrial, la huella de carbono de sistemas avanzados de Inteligencia Artificial (IA) es considerable. Y si las emisiones de CO₂ derivadas de una digitalización en crecimiento

¹ IEA (2020), "Energy end-use data collection methodologies and the emerging role of digital technologies", octubre, <https://www.iea.org/reports/energy-end-use-data-collection-methodologies-and-the-emerging-role-of-digital-technologies>.

² Estamos agradecidos por sus valiosos comentarios a diversos borradores de este documento a Gonzalo Escribano y Lara Lázaro, investigadores principales del Real Instituto Elcano, y a los participantes en el Grupo de Trabajo sobre Cambio Climático y sobre Transformaciones Tecnológicas, que se reunió de forma conjunta el pasado 13 de abril. Quisiéramos expresar nuestra gratitud especialmente a Borja Adsuara (Consultior), Gloria Álvarez (UC3), Eloy Álvarez (Fundación Deusto), Carlos Arruego (Naturgy), Txetxu Ausín (CSIC), Enrique Herrera (Universidad de Granada), Pablo Martín (Elewit), Laka Mugartza (Tecnalia), Miguel Muñoz (Iberdrola), Maya Ormazábal (Telefónica) y Peter Sweatman (Climate Strategy). No obstante, las opiniones aquí expresadas son responsabilidad exclusiva de los autores.

exponencial no se controlan, no se llegarán a alcanzar los objetivos de descarbonización planteados de forma intermedia para 2030, ni incluso para 2050.

Uno de los mayores retos de nuestra época es conciliar la necesaria e imparable digitalización³ con los esfuerzos por alcanzar una economía verde. ¿Es posible? Es una cuestión importante, pero de insuficiente presencia en el debate público, aunque en los últimos dos años ha ganado en la estrategia de algunas grandes empresas y en las propuestas de digitalización de gobiernos e instituciones europeas.

La digitalización –en sus diversas dimensiones– es indispensable para la lucha contra el cambio climático y para gestionar tecnologías limpias, pero sin las medidas adecuadas, agrava los problemas existentes y conlleva unos nuevos. Sin los *Big Data* y la IA, no se habría avanzado lo suficiente en la modelización del cambio climático y sus causas. La digitalización puede hacer que los productos y actividades existentes sean más eficientes o sustituirlos por completo. Como indica el *Digital Compass*⁴ de la Comisión Europea para 2030 –la actualización de su estrategia digital⁵ que se publicó poco antes de la pandemia–, “las tecnologías digitales pueden contribuir significativamente a la consecución del *Green Deal* europeo”. De hecho, son imprescindibles. Las dos transiciones son inseparables.

Por ejemplo, con la adopción de soluciones digitales y el uso de datos para la transición hacia una economía climáticamente neutra, circular y más resistente, la sustitución de los viajes de negocios por videoconferencias, o el uso de las tecnologías digitales para procesos menos intensivos en emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura, la energía, los edificios, la industria o la planificación urbana y los servicios, contribuyendo así al objetivo de la UE de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en al menos un 55% para 2030 y de alcanzar la neutralidad climática en 2050 y convertirse en el primer bloque climáticamente neutro. Las tecnologías digitales están permitiendo generar eficiencias energéticas clave en todo tipo de sectores. Las redes eléctricas inteligentes son un 90% de tecnología digital. Sin ellas, la incorporación de las energías renovables es inviable, como se ha demostrado en los últimos 10 años.

Ambos movimientos, digitalización y economía verde, deben lograr un estrecho y complejo acoplamiento. La transición digital y la transición ecológica deben constituir una alianza.⁶ Los planes de recuperación y transformación a raíz de la pandemia del COVID-19 al principio las trataban como transiciones casi separadas, aunque cada vez incorporan más este acoplamiento, tanto en lo referente al uso de tecnologías digitales

³ Para un enfoque general, véase Gregorio Martín Quetglas (2019), “¿Qué es la digitalización?”, ARI, nº 64/2019, Real Instituto Elcano, http://www.realinstitutoelcano.org/wps/portal/rielcano_es/contenido?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/elcano/elcano_es/zonas_es/ari64-2019-martinquetglas-que-es-la-digitalizacion.

⁴ Comisión Europea (2021), “2030 digital compass: the European way for the digital decade”, https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/communication-digital-compass-2030_en.pdf.

⁵ Comisión Europea (2020), *Shaping Europe's digital future*, 19/II/2020, https://ec.europa.eu/info/publications/communication-shaping-europes-digital-future_es.

⁶ Lluís Torrent (2020), “Ecological transition and digitalisation, an essential alliance in the climate decade”, <https://www.telefonica.com/en/web/public-policy/blog/article/-/blogs/ecological-transition-and-digitalisation-an-essential-alliance-in-the-climate-decade>.

para lograr objetivos ecológicos como a la necesidad de que la digitalización controle su consumo energético y reduzca sus emisiones de gases de efecto invernadero.

Figura 1 Evolución (2010-2019) de los principales parámetros relacionados con las TIC

	2000	2019	% de cambio
Población (a)	6.100 millones	7.700 millones	+26
PIB (b)	US\$34 bn	US\$87bn	+155
Consumo de electricidad (c)	14 PWh	23 PWh	+62
Consumo de energía sostenible (d)	4 Exajulios	28,98 Exajulios	+724
Usuarios de Internet (e)	300 millones	4.100 millones	+1.260
Tráfico de internet (f)	0,9 EB	1.992 EB	+28.900

Fuentes: (a) Naciones Unidas, 2019; (b) Fondo Monetario Internacional, 2020; (c) Agencia Internacional de la energía 2020; (d) BP; (e) Unión Internacional de Telecomunicaciones 2020; (f) CISCO 2018; Presentación de la IEA de noviembre de 2020 <https://spark.adobe.com/page/dey6WTCZ5JKPu/>, aunque el COVID ha alterado sustancialmente el uso de Internet.

(2) El sistema ecológico de la digitalización

Un ejemplo: un *selfie*, como señala el ingeniero francés Luc Julia,⁷ puede resultar anodino. Pero colgado en una red social como Facebook o Instagram, supone una información que ha recorrido decenas de miles de kilómetros por ondas y en fibras hasta los centros de datos de estas empresas, y de vuelta para que se lo descarguen en sus terminales los usuarios de estas redes. Esa simple foto podría, así, consumir el equivalente a tres o cuatro bombillas de bajo consumo vatios encendidas durante una hora.

Las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC), que incluyen la IA, entre otras, son, como hemos indicado, cada vez más facilitadoras clave de las medidas de mitigación del cambio climático, pudiendo ahorrar casi la mitad (46%) de las emisiones requeridas para 2030.⁸ El uso de la tecnología móvil, según un estudio de la asociación de operadores de móviles GSMA elaborado por Carbon Trust, impulsó una reducción global de las emisiones de GEI de unos 2.135 millones de toneladas de CO₂e en 2018. El ahorro de emisiones fue 10 veces mayor que la huella de carbono global de la propia industria del móvil.⁹ A la vez, la digitalización está basada en la energía

⁷ Luc Julia (2019), *L'Intelligence Artificielle n'existe pas*, First; y "Subir un selfie a Instagram contamina", *La Vanguardia*, 3/XII/2019, <https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20191203/471919095671/internet-contamina.html>.

⁸ Bitkom (2021), *The digital economy's impact on the climate*, <https://www.bitkom.org/climate-protection>; y "Digitization can save one in five tons of CO₂", <https://www.bitkom.org/EN/List-and-detailpages/Press/Digitization-can-save-one-in-five-tons-of-CO2>.

⁹ GSMA (2020), "The enablement effect. The impact of mobile communication technologies on carbon emission reduction", https://www.gsma.com/betterfuture/wp-content/uploads/2019/12/GSMA_Enablement_Effect.pdf.

eléctrica y su impacto sobre los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en general, y sobre las emisiones de CO₂ en particular depende del *mix* que exista en las fuentes de la electricidad utilizada, que varía mucho según los lugares y circunstancias.

Los distintos GEI presentan diferentes potenciales de calentamiento global, siendo el más extendido el CO₂, por lo que en una primera aproximación se usa el concepto de CO₂e (equivalente de CO₂)¹⁰ para expresar el impacto del cambio climático de todos los GEI emitidos. En estas emisiones también se incluyen la extracción de las materias primas necesarias, el proceso de fabricación y el transporte y distribución de un producto. Existen, además, emisiones indirectas en la cadena de valor de una empresa; unas ascendentes, como, por ejemplo, emisiones de bienes y servicios adquiridos de un proveedor externo, el transporte de estos bienes a la empresa y el uso de activos como oficinas o centros de datos, viajes de negocios y desplazamientos de empleados. Y otros descendentes como el transporte, distribución, uso y tratamiento al final de la vida útil de productos vendidos, así como las inversiones y activos arrendados. Los efectos directos asociados con el ciclo de vida de los dispositivos TIC y su uso se conocen como huella ambiental, y, en su caso, como huella de carbono.¹¹ Es lo que el *Greenhouse Gas Protocol*¹² califica de emisiones de *scope 1* (directas), *scope 2* (indirectas relacionadas con el consumo de energía) y *scope 3* (otras indirectas).

Ahora bien, si las estadísticas sobre la producción de energía son bastante fiables, más difícil es encontrar datos precisos sobre el consumo de energía por los sectores más importantes, y aún son menos precisos los datos sobre la energía consumida en la producción de bienes específicos.¹³ En el caso de la digitalización, esta energía incorporada en productos es parte del precio ambiental que pagamos por todo lo que nos pertenece y usamos, y a la vez contribuye a la lucha contra las emisiones derivadas de esa producción de electricidad y fabricación de periféricos. No es un problema menor la falta de métricas para determinar la evolución de las emisiones de GEI que tenga en cuenta tanto la evolución del *mix* eléctrico durante el uso como el papel del carbono que incorporan los distintos equipos relacionados con los equipos de los distintos sectores de las TIC (CPD, redes y dispositivos de usuario).

La huella de carbono del sector de las TIC, de 730 millones de toneladas de CO₂e en 2018 se acercó a los 800 millones de toneladas de emisiones de CO₂ de la quema de combustible en la industria de la aviación (un 80% asociadas con los viajes).¹⁴ Pero la diferencia en número de usuarios es enorme. Aproximadamente el 70% de la población mundial usa las TIC, pero se estima que sólo el 10% los servicios de aviación. Se calcula que un teléfono inteligente, incluido el uso de redes y centros de datos, se tendría que

¹⁰ El CO₂e, equivalente de dióxido de carbono, expresa el impacto del cambio climático de todos los gases de efecto invernadero emitidos en asociación con una actividad como la cantidad de dióxido de carbono que tendría el mismo impacto.

¹¹ IEA (2017), *Digitalisation and Energy*, IEA, Paris, <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>.

¹² <https://ghgprotocol.org/>.

¹³ Vaclav Smit (2021), *Los números no mienten*, Debate.

¹⁴ BBC (2020), "Should we give up flying for the sake of the climate?", <https://www.bbc.com/future/article/20200218-climate-change-how-to-cut-your-carbon-emissions-when-flying>.

utilizar durante 50 años antes de que causara las mismas emisiones que el combustible usado por persona en un vuelo de ida y vuelta transatlántico.¹⁵ Claramente, las reuniones internacionales *online* pueden tener un gran valor de ahorro de emisiones.

¿Descarbonizarán las energías renovables las TIC? Como se apunta más adelante, el sector de las TIC está haciendo serios esfuerzos hacia un mayor consumo de energía renovable, lo que le ha ayudado a reducir sus emisiones. Este cambio es necesario junto con aumentos en la capacidad de energía renovable, ya que todos los sectores tendrán que reemplazar los combustibles fósiles con fuentes renovables. Sin embargo, la energía renovable en sí tiene una huella de carbono significativa, incorporada en su infraestructura y cadenas de suministro, aunque mucho menor que las fósiles. Se necesitará un límite al consumo absoluto de energía además de una mayor proporción de energía renovable para lograr las ambiciones de neutralidad de carbono de los centros de datos¹⁶ para 2030, según el reciente compromiso de la Comisión Europea.¹⁷

(3) Efectos directos e indirectos

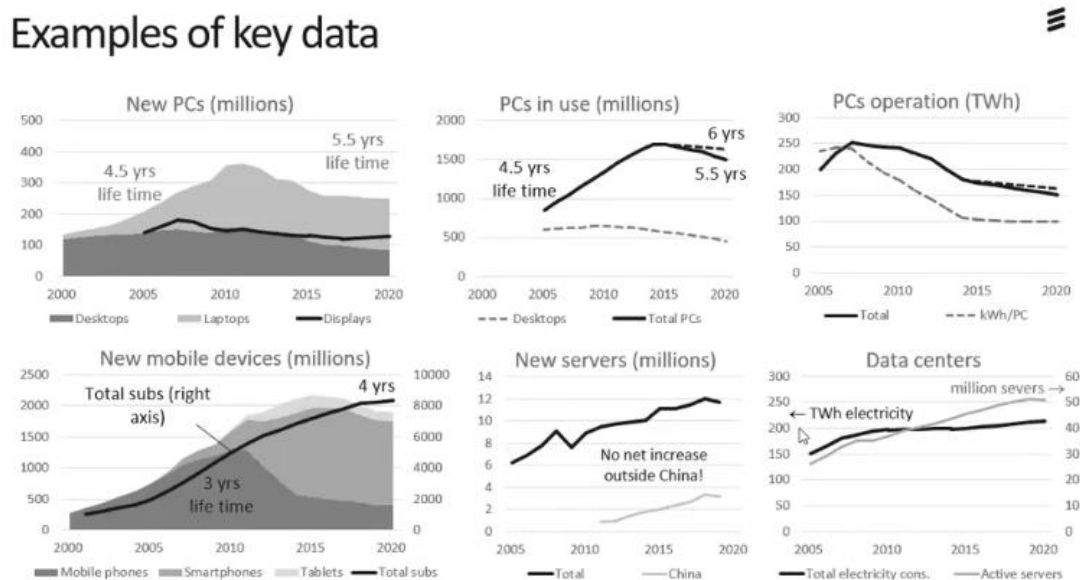
Hay que diferenciar entre efectos directos y efectos indirectos de la digitalización, respecto a emisiones de los GEI. Los efectos directos se refieren a la fase de fabricación de los productos, sus instalaciones correspondientes, su utilización, etc. Estos elementos tienen su propio consumo eléctrico que afortunadamente ha conseguido reducirse con nuevas aportaciones tecnológicas que han corrido paralelas con un crecimiento de la digitalización.

¹⁵ Nina Lövehagen (2020), "What's the real climate impact of digital technology?", <https://www.ericsson.com/en/blog/2020/2/climate-impact-of-digital-technology>.

¹⁶ "Euro data center & cloud providers commit to climate neutrality by 2030", <https://datacentrenews.eu/story/euro-data-center-cloud-providers-commit-to-climate-neutrality-by-2030>.

¹⁷ Comisión Europea (2020), *Energy-efficient Cloud Computing Technologies and Policies for an Eco-friendly Cloud Market*, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/energy-efficient-cloud-computing-technologies-and-policies-eco-friendly-cloud-market>.

Figura 2. Evolución de los equipos más representativos y de su demanda de electricidad: el número de ordenadores personales fabricados anualmente ha disminuido como consecuencia de la aparición de los nuevos dispositivos móviles y de que la vida media se ha incrementado sucesivamente; mientras, el consumo eléctrico de los centros de datos ha crecido



Fuente: presentación de Ericsson <http://www.youtube.com/watch?v=o2f9ms9Ynhk&feature=youtu.be>.

Los resultados actuales son prometedores para los tres grandes componentes:

- Los centros de datos que resisten el aumento del tráfico en Internet sin incrementar sus demandas energéticas.
- Las redes en su conjunto mantienen bajos niveles de producción de emisiones de GEI.
- Los distintos periféricos de usuario.¹⁸

En términos absolutos de estas emisiones, el Instituto Bitkom¹⁹ de Alemania ha publicado un estudio que concluye que los datos de 2018 habrían sido:

- Los centros de datos usan 160 ± 25 millones de toneladas de CO₂e
- Las redes móviles usan 54 ± 13 millones de toneladas de CO₂e
- Las redes ópticas usan 83 ± 20 millones de toneladas de CO₂e
- Los dispositivos utilizan 460 ± 110 millones de toneladas de CO₂e

Como indican los datos estimativos publicados por Bitkom, confirmados por otros estudios que recoge el análisis de la entidad pública alemana, los dispositivos de usuario

¹⁸ Science & Society Forum, "Växande IKT-sektor och fler datacenter – hur påverkas elförsörjningen?", www.youtube.com/watch?v=o2f9ms9Ynhk&feature=youtu.be.

¹⁹ Bitkom (2020), *Klimaschutz durch digitale Technologien – Chancen und Risiken*, https://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-05/2020-05_bitkom_klimastudie_digitalisierung.pdf.

presentan en su conjunto una huella de carbono mayor que la de los Centros de Datos y de las redes, con la particularidad que el impacto de la fabricación de estos dispositivos es mayor que la de su uso. Apple²⁰ reconoce que cada nuevo iPhone tiene una huella de carbono de entre 70 kg y 85 kg de CO₂e.

La conclusión más importante es que, a pesar de todos los temores, las tendencias actuales señalan que hay grandes posibilidades de que la infraestructura instalada, o la que se pueda instalar en un futuro próximo, estén en condiciones de hacer frente a los incrementos del tráfico de datos que puedan darse, sin incrementar la huella de carbono de las TIC. El efecto de las mejoras en eficiencia tiene que llegar a superar o al menos controlar el de la escala. Los efectos indirectos se producen a través del impacto ecológico en los modelos de producción y consumo de los dispositivos digitales, y dependiendo de su forma de fabricación pueden ser ambientalmente perjudiciales. A este respecto, la creciente obsolescencia programada de muchos de estos dispositivos, juega en contra de su sostenibilidad, por lo que es necesario lograr una más larga, y su reciclaje.

La digitalización por sí sola puede no tener suficiente impacto en los hábitos de consumo para combatir el cambio climático. El motivo es que los cambios en estos hábitos están muchas veces provocados únicamente por el coste. En el caso de las TIC es actualmente relativamente bajo.

Un ejemplo de reducción indirecta de las emisiones de GEI sería el ya citado creciente uso de sistemas de videoconferencia como sustituto de las reuniones presenciales, ya que las emisiones provocadas por los desplazamientos, sobre todo si se efectúan vía aérea, desaparecerían o al menos se reducirían, hasta un 10% más allá de la pandemia, según Forbes.²¹

Otro ejemplo es el teletrabajo, que estaba ya en crecimiento pero que se ha multiplicado con la pandemia. En principio, al ahorrar desplazamientos, ahorra emisiones de GEI, pero aunque predominan los estudios que avalan esta tesis, otros los contestan.²²

(4) Impacto de algunas tecnologías

Uno de los efectos secundarios, de carácter positivo, para la mitigación del calentamiento climático es la posibilidad de los medios digitales de ayudar a rebajar las emisiones de otras actividades contaminantes, en movilidad, manufactura, agricultura,

²⁰ https://www.apple.com/environment/pdf/products/iphone/iPhone_12_PER_Oct2020.pdf.

²¹ <https://www.forbes.com/sites/oliverwyman/2020/11/11/how-covid-19-may-permanently-shrink-the-business-travel-market/>.

²² Véase al respecto, Andrew Hook, Victor Court, Benjamin K. Sovacool y Steve Sorrell (2020), “A systematic review of the energy and climate impacts of teleworking”, *Environmental Research*, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab8a84>. Veinticuatro de los 39 estudios escrutados sugieren que el teletrabajo reduce el uso de la energía, pero ocho estudios sugieren que lo aumenta o tiene un impacto neutro. Véase también <https://www.techuk.org/resource/decarbonising-data-how-tech-is-going-for-net-zero.html>.

edificios y construcción y energía, que, podrían llegar hasta un 12,1%, según cálculos de la Comisión Europea.²³

Nuevos datos proporcionados por Bitkom,²⁴ en colaboración con la consultora Accenture, indican que si se acelera la digitalización se puede lograr casi la mitad del ahorro de CO₂E requerido para 2030 (46%) sólo con los cuatro grupos examinados hasta ahora (industrialización, movilidad, edificios y teletrabajo) y esperan que este porcentaje se incremente hasta más allá del 50%, cuando se incorporen al estudio los sectores de energía, agricultura y servicios públicos, cuya digitalización puede también reducir esa huella de carbono. Una digitalización acelerada no sólo contribuye a la protección del medio ambiente y el clima, también mejora la competitividad de la economía alemana (conclusión que el informe extiende a toda la UE). La digitalización puede equilibrar una economía crecimiento con protección ambiental y climática. Según este estudio, la digitalización puede ahorrar una de cada cinco toneladas de CO₂.

Evidentemente, como ya se ha señalado, la propia huella de carbono de la digitalización puede reducirse en gran medida mediante el mayor uso de energías renovables en los equipos TIC. Diversos estudios²⁵ apoyan esta tesis de la contribución de la tecnología digital a la sostenibilidad, que se puede aplicar en diversos ámbitos, desde la electricidad y calefacción (edificios eficientes, controlados mediante IA, y cambios en los hábitos de consumo mediante contadores inteligentes), producción industrial, la agricultura o medios y publicaciones, entre otros.

El uso de tecnologías digitales, hay que insistir, es crucial para la transición ecológica. La Comisión Europea, en línea con el Acuerdo de París sobre Cambio Climático, contempla la utilización de estas tecnologías para esos fines.²⁶ La Agenda España Digital 2025²⁷ señala que la digitalización “será también un elemento de impulso a la otra gran transición que ha de abordar nuestra sociedad: la transición ecológica hacia un nuevo modelo económico y social basado en la sostenibilidad”. Una de las metas es acelerar la digitalización del modelo productivo mediante proyectos tractores de transformación sectorial que generen efectos estructurales (para un 10% reducción de emisiones CO₂ por efecto de la digitalización). Los servicios digitales tienen potencial

²³ Comisión Europea (2020), “Energy-efficient Cloud Computing Technologies and Policies for an Eco-friendly Cloud Market Final Report”, Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology, <https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/bf276684-32bd-11eb-b27b-01aa75ed71a1/language-it>.

²⁴ Bitkom (2021), *The digital economy's impact on the climate*, <https://www.bitkom.org/climate-protection>; y “Digitization can save one in five tons of CO₂”, <https://www.bitkom.org/EN/List-and-detailpages/Press/Digitization-can-save-one-in-five-tons-of-CO2>.

²⁵ Por ejemplo, además del citado anteriormente, el estudio de Bitkom, y los informes de ExponentialClimate Action Roadmap. <https://exponentialroadmap.org/>.

²⁶ Por ejemplo, Technology Executive Committee (2020), “United Nations Framework Convention on Climate Change”, TEC Brief #10; “Technological innovation for the Paris Agreement implementing nationally determined contributions, national adaptation plans and mid-century strategies”, https://unfccc.int/ttclear/misc/_StaticFiles/gnwoerk_static/brief10/8c3ce94c20144fd5a8b0c06fefff6633/57440a5fa1244fd8b8cd13eb4413b4f6.pdf; y Comisión Europea (op. cit), *2030 Digital Compass*.

²⁷ Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital (2020), *España Digital 2025*. https://portal.mineco.gob.es/RecursosArticulo/mineco/prensa/ficheros/noticias/2018/Agenda_Digital_2025.pdf.

para reducir la energía y los materiales en toda la economía y podrían permitir directamente una reducción significativa de un 15% de las emisiones para 2030, según el Foro Económico Mundial.²⁸

Google, por ejemplo, dice haber empezado el año pasado a usar la IA para hacer la energía eólica más predecible, y por lo tanto más valiosa, en varios de sus proyectos de energía renovable. Los primeros resultados mostraron que la IA aumentó el valor de su energía eólica en un 20%. La empresa utilizó el *machine learning* para ayudar a la gente a decidir si deben poner paneles solares en su tejado, habiendo cartografiado más de 107 millones de tejados en más de 21.000 ciudades.²⁹ Empresas como Google también están valorando distribuir su capacidad de computación en aquellos centros de proceso de datos donde el suministro de energía proviene de un porcentaje mayor de renovable, de forma dinámica.

Nos centraremos en algunas tecnologías digitales que, según como se diseñen y se usen, pueden contribuir a la carbonización o a la descarbonización. La evolución del transporte (que supone el 21% de las emisiones global, con un 73% proveniente de desplazamientos cortos)³⁰ es una tecnología con efectos positivos en diversas dimensiones –movilidad virtual, compartida e inteligente– pero no corresponde plenamente al concepto de digitalización que aquí abordamos. Se podrían añadir los servicios en *streaming*, ya sea de video, música u otros, que tienen un impacto medioambiental notable.³¹

Nos centramos aquí en tres caos, llamados a mayor desarrollo: el *Big Data*, la ciencia de los datos y la IA; el Internet de las Cosas (muy basado en las redes 5G); y el *blockchain*.

Big Data e IA

El *Big Data* es posible gracias a las capacidades de recogida de datos a través de múltiples terminales, a su almacenamiento de datos y a los grandes recursos computacionales propios de los desarrollos basados en la Nube (centros de procesamiento, muy basados, pese al acertado nombre, en tierra). Existe un enorme interés en dar sentido a estos grandes y complejos conjuntos de datos a través de la ciencia de datos y de la IA habiéndose incidido mucho en su capacidad para afrontar un “futuro inteligente” con menos carbono³² integrando redes, ciudades, logística,

²⁸ World Economic Forum (2019), “Digital technology can cut global emissions by 15%. Here’s how”, <https://www.weforum.org/agenda/2019/01/why-digitalization-is-the-key-to-exponential-climate-action/>.

²⁹ Carl Elkin y Sims Witherspoon (2019), “Machine learning can boost the value of wind energy”, *DeepMind*, <https://deepmind.com/blog/article/machine-learning-can-boost-value-wind-energy>.

³⁰ World Economic Forum (2019), “Digital technology can cut global emissions by 15%. Here’s how”, <https://www.weforum.org/agenda/2019/01/why-digitalization-is-the-key-to-exponential-climate-action/>.

³¹ Rolling Stone (2019), “Is streaming music dangerous to the environment? One researcher is sounding the alarm”, <https://www.rollingstone.com/music/music-features/environmental-impact-streaming-music-835220/>.

³² Y. Saleem *et al.* (2019), “Internet of things-aided smart grid: technologies, architectures, applications, prototypes, and future research directions”, *IEEE Access*, <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&number=8701687>.

agricultura, hogares, etc., inteligentes. Este “nuevo petróleo” –como a veces se califica a los datos masivos–³³ ha tenido su impacto comercial, pero a medida que el almacenamiento y los centros de datos crecen su consumo de electricidad y la consiguiente huella de carbono si esta electricidad no viene de fuentes limpias, se ha mostrado prohibitiva. Por eso, muchas empresas se están volcando con las energías renovables y la Comisión lo contempla en su estrategia de datos.

La IA y sus computacionalmente complejos algoritmos operando con *Big Data*, especialmente con relación al aprendizaje automático y al aprendizaje profundo, ha mostrado que pueden emitirse 284.019 kg de CO₂ para entrenar un solo algoritmo de aprendizaje automático para el procesamiento del lenguaje natural, un impacto que es cinco veces mayor que las emisiones de por vida de un automóvil.³⁴ En IA la huella de carbono asociada a un mecanismo conocido como la “red neuronal” aumenta mucho. Una IA sin red neuronal tiene una huella de carbono de unos 650 kg; con ella, de 285 toneladas.³⁵ Como indica Fernando Mateo, las redes neuronales producen una mejora en el rendimiento de la IA a costa de un impacto medioambiental muy alto, derivado del gasto que supone poner a funcionar los superordenadores que utilizan para sus cálculos.

Estas magnitudes, salvo que toda la energía proviniera de fuentes limpias, amenazan la compatibilidad entre su uso y la lucha contra la crisis climática con tendencias de crecimiento que suponen³⁶ aumentos exponenciales con duplicaciones cada cuatro meses.

Debido a este crecimiento de la computación, se ha planteado la necesidad de una “IA verde” que se centre en aumentar la eficiencia energética de los cálculos del enfoque actual en lo que describen como “IA marrón”. Desafortunadamente, la sostenibilidad es uno de los temas menos representados en las directrices éticas en IA.³⁷ Esta dimensión, por ejemplo, no figuraba en las directrices de ética para la IA, de la OCDE³⁸ o del G20³⁹ de 2019, y es necesario incorporarla. Aunque, como decimos, las empresas, los gobiernos y una organización como la UE, insisten cada vez más en esta dimensión, si bien estos últimos aún en general de forma muy general y sin propuestas concretas.

³³ J. James (2019), “Data as the new oil: The danger behind the mantra”, The Enterprises Project, <https://enterprisesproject.com/article/2019/7/data-science-data-can-be-tox>.

³⁴ E. Strubell *et al.* (2019), “Energy and policy considerations for deep learning in NLP”, Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, <https://arxiv.org/abs/1906.02243>.

³⁵ Joaquín Fernández Mateo (2021), “¿Cuarta Revolución Industrial? El reto de la digitalización y sus consecuencias ambientales y antropológicas”, *Revista DIECISIETE*, nº 4, Madrid.

³⁶ L. Biewald (2019), “Deep learning and carbon emissions”, *Towards Data Science*, <https://towardsdatascience.com/deep-learning-and-carbon-emissions-79723d5bc86e>.

³⁷ A. Jobin, M. Ienca y E. Vayena (2019), “The global landscape of AI ethics guidelines”, *Nature Machine Intelligence*, vol. 1, nº 9, <http://ecocritique.free.fr/jobin2019.pdf>.

³⁸ <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0449>.

³⁹ <https://www.mofa.go.jp/files/000486596.pdf>.

Internet de las Cosas/5G

El Internet de las Cosas (*Internet of Things* o IoT), donde “Cosas” se refiere a objetos cotidianos y otros conectados a Internet usando terminales portátiles que controlan electrodomésticos, vehículos, autónomos o no, industrias, etc., es uno de los ámbitos que más avanza. Sus aplicaciones se consideran “tecnología inteligente”, especialmente cuando se combinan con ciencia de datos/IA de manera que pueden optimizar el uso de energía. Por ejemplo, los servicios IoT basados en la ubicación y el análisis de datos de ciudades inteligentes (*smart cities*) pueden reducir la contaminación del transporte mediante rutas de conducción más eficientes⁴⁰ y respaldar una logística con reducción de los requisitos de energía. Se prevé que se pase de 15.000 millones de dispositivos conectados a Internet en 2015 a 75.000 millones en 2025.⁴¹

La eficacia del IoT está especialmente ligada al desarrollo de redes 5G, la quinta generación, con menor latencia y más rapidez, existiendo muchos ejemplos de la capacidad sinérgica de ambas tecnologías para reducir las emisiones de GEI, siempre que las aplicaciones de IoT sustituyan las actividades más tradicionales intensivas en carbono en lugar de actuar junto a ellas. Pero el paso a esta dependencia de las redes 5G aumentará el consumo total de energía de la red entre un 150% y un 170% para 2026, o un total de entre el 5% y el 13% del consumo anual de electricidad.⁴²

Estas emisiones ya están cubiertas por el sistema de comercio del Sistema Europeo de Comercio de Emisiones (EU ETS). Este mecanismo de mercado, según un informe elaborado para el Senado francés,⁴³ garantiza teóricamente que el despliegue de 5G encajará con la en las cuotas negociadas, pero no que estas cuotas negociadas se cumplan, una posibilidad que preocupa mucho en Francia.

Blockchain, monedas digitales y criptomonedas

Blockchain es un ejemplo de un modelo de base de datos descentralizado, diseñado para evitar una autoridad centralizada o un punto central que pueda fallar o verse intervenida, utilizando toda una batería de técnicas criptográficas. Los algoritmos de *Blockchain* necesitan altos niveles de replicación y computación redundante, de forma que el consumo energético es muy alto.

⁴⁰ S.E. Bibri (2018), “The IoT for smart sustainable cities of the future: an analytical framework for sensor-based big data applications for environmental sustainability”, *Sustainable cities and society*, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670717313677>.

⁴¹ Statista Research Department (2020), “Internet of Things (IoT) connected devices installed base worldwide from 2015 to 2025”, <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>; Cisco (2020), “Cisco Annual Internet Report (2018-2023)”, <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.pdf>.

⁴² <https://www.information-age.com/energy-consumption-and-iot-technologies-what-to-know-123485884/>.

⁴³ Haut Conseil pour le Climat (2020), “Maitriser l’impact carbone de la 5G. Rapport du Haut Conseil pour le Climat”, diciembre, https://www.hautconseilclimat.fr/wp-content/uploads/2020/12/haut-conseil-pour-le-climat_rapport-5g.pdf.

Las llamadas criptomonedas, como el Bitcoin, está basadas en esta tecnología, y, en consecuencia, consumen mucha electricidad. Por ejemplo, una transacción de Bitcoin equivale a este respecto a 735.121 transacciones por Visa, o 55.280 horas de visionado de YouTube, según Digiconomist,⁴⁴ que ha creado un *Bitcoin Energy Consumption Index*.⁴⁵ Aunque, de nuevo, mucho depende del tipo de energía que se consuma.

Suponiendo que otras criptomonedas tengan la misma intensidad de carbono que Bitcoin, la huella de carbono de todas ellas sería de 69 MtCO₂e, el 0,1% de las emisiones globales. La inmensa mayoría de mineros de Bitcoin están ubicados en China. Por ejemplo, se calcula que las operaciones de minería de *Blockchain* de China podrían terminar consumiendo tanta energía y creando tantas emisiones de carbono como algunos países europeos enteros (como la República Checa).⁴⁶ Y en el mundo, más que el consumo de energía de Argentina, según un estudio británico.⁴⁷

Si no se restringen, todas estas tendencias tienen potencial para ayudar a impulsar un crecimiento que es poco probable que se vea compensado por las reducciones de emisiones de GEI habilitadas por las TIC en otros sectores,⁴⁸ incluso por un *Blockchain* que se usa cada vez más, por ejemplo, para la trazabilidad del llamado hidrógeno verde.

No cabe olvidar el próximo desarrollo, no ya de las criptomonedas, sino de las monedas oficiales digitales, como el euro, el yuan, el yen y el dólar digitales, que usarán parte de estas tecnologías, pero de cuyo efecto climático no se suele hablar.

(5) Esfuerzo desde empresas

Las grandes empresas tecnológicas se han percatado en los últimos tiempos de la necesidad y responsabilidad que tienen para conciliar desde su propio quehacer la transición ecológica con la transición digital,⁴⁹ algo que no responde sólo a la presión de políticas públicas, a los cambios en el coste de la electricidad limpia, a tendencias internas de las propias empresas y, también, como respuesta a la opinión pública. El *Financial Times* tituló significativamente un análisis sobre estas tendencias como *How tech went big on green energy*.⁵⁰ Sin embargo, pese a los avances, las medidas ya tomadas y las buenas intenciones anunciadas para alcanzar un 100% de uso de energías renovables (no dicen cómo), aún queda camino por recorrer. El principal elemento es el cambio en el origen de la energía consumida. Recogemos a continuación algunos ejemplos representativos. Las empresas europeas se han asociado en 2021 en

⁴⁴ <https://digiconomist.net/>.

⁴⁵ <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption/>.

⁴⁶ Shangrong Jiang *et al.* (2021), "Policy assessments for the carbon emission flows and sustainability of Bitcoin blockchain operation in China", *Nature*, <https://www.nature.com/articles/s41467-021-22256-3>.

⁴⁷ Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (CBECI), <https://cbeci.org/>.

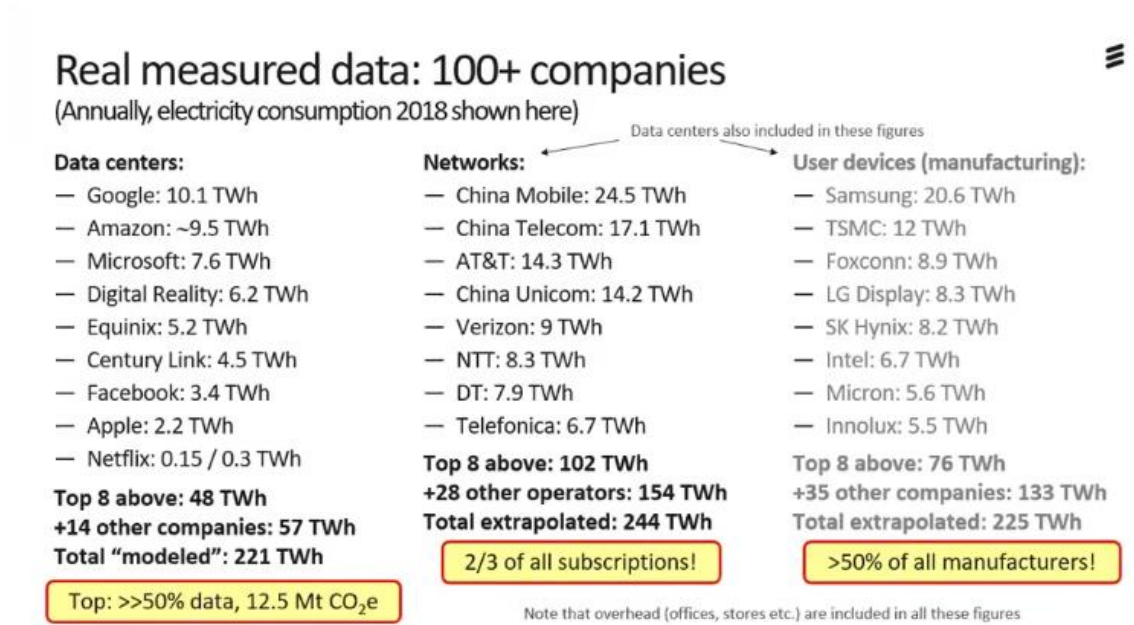
⁴⁸ Charlotte Freitag *et al.* (2020), "The climate impact of ICT: A review of estimates, trends and regulations", <https://arxiv.org/pdf/2102.02622.pdf>.

⁴⁹ Para una visión general, véase: Enrique Pérez (2020), "Los planes para reducir el impacto medioambiental de Apple, Google, Microsoft y las grandes compañías de tecnología", Xataka, 16/IX/2020, <https://www.xataka.com/energia/planes-para-reducir-impacto-medioambiental-apple-google-microsoft-grandes-companias-tecnologia>.

⁵⁰ 10/II/2021, <https://www.ft.com/content/0c69d4a4-2626-418d-813c-7337b8d5110d?shareType=nongift>.

torno a una *European Green Digital Coalition*.⁵¹ A escala más global existe el *World Business Council for Sustainable Development*, en el que participan algunas grandes tecnológicas.⁵²

Figura 3. Estimaciones de Ericsson sobre el consumo energético registrado en 2018, por las 100 principales empresas digitales



Fuente: Jan Malmudin (2020), "Decarbonising Data", Londres, <https://www.youtube.com/watch?v=o2f9ms9Ynhk&feature=youtu.be>.

Google

Google informa⁵³ que desde 2017 ha igualado el 100% del consumo de electricidad de sus operaciones globales con compras de energía renovable, y que con este compromiso se ha convertido en el mayor comprador corporativo de energía renovable del mundo. Ha avanzado en eficiencia energética de sus centros de datos, con un ahorro del 30% en la energía utilizada para la refrigeración mediante el uso de la IA. En asociación con 300 empresas han lanzado la Alianza de Compradores de Energía Renovable, el grupo más grande de compradores corporativos de energía renovable en EEUU, entre otros pasos. Su objetivo es operar de forma total con energía libre de carbono para 2030.

⁵¹ <https://www.digitalsme.eu/digital/uploads/European-Green-Digital-Coalition-Declaration-FINAL-Digital-Day-2021.pdf>.

⁵² <https://www.wbcsd.org/>.

⁵³ Datos proporcionados por la propia empresa.

Amazon

Un día antes de una protesta programada por la organización Empleados de Amazon por la Justicia Climática, Amazon adoptó en 2019 lo que llama su Compromiso Climático (*Climate Pledge*)⁵⁴ por el cual se compromete a llegar a cero emisiones netas de carbono para 2040, a través de toda su industria con algunos pasos intermedios: electricidad 100% de fuentes renovables para 2025 (actualmente es un 42%) y envíos con emisiones cero de carbono para 2040. Compra de 100.000 vehículos eléctricos de transporte, y un 50% de sus envíos con emisiones cero para 2030. Los centros de datos (*Amazon Web Services*), entran en el objetivo general. El Compromiso Climático implica una inversión de 2.000 millones de dólares. Pero, a la vez⁵⁵ que llega su Compromiso Climático, su CEO y fundador, Jeff Bezos, reconoce que la polución que provoca Amazon sigue creciendo, con unas emisiones de CO₂ un 15% superior en 2019 que un año antes.

Telefónica

Telefónica ha conseguido reducir sus emisiones en un 61% en los últimos cinco años. En su propuesta de Pacto Digital⁵⁶ señala que el 100% de la energía que usa en Europa y Brasil es renovable y ayuda a sus clientes a reducir su huella de CO₂. En 2020 Telefónica ha redoblado su compromiso con el clima y se ha comprometido a alcanzar emisiones netas cero en 2025 en sus principales mercados y a nivel global como tarde en 2040. Según los cálculos de la propia empresa, sus servicios evitaron la emisión de 9,5 millones de toneladas de CO₂.⁵⁷ Propone considerar las redes de comunicación avanzadas como infraestructuras verdes que se ajustan a los objetivos de cambio climático en la Taxonomía de las Finanzas Sostenibles, y ha emitido ya tres bonos ligados a la sostenibilidad por importe de 2.500 millones de euros.

Otras empresas

EL año 2030 es una fecha objetivo para muchas tecnológicas que se proponen reducir a cero para entonces sus emisiones de carbono, a pesar del crecimiento exponencial de la generación y consumo de datos. Apple, por ejemplo, con una serie de medidas que ha anunciado,⁵⁸ cubriendo sus propias actividades, proveedores, cadenas de montaje y el ciclo de vida de sus productos. Microsoft también, y para 2025 se propone que el 100% de la energía que utiliza provenga de fuentes renovables, y cinco años después ser “carbono negativo”. El objetivo de Facebook es reducir su huella de GEI en un 75% y alcanzar el 100% de energía renovable en 2020. Samsung ha alcanzado el 92% en el uso de energías renovables, esperando alcanzar el 100% a finales 2021.

⁵⁴ Amazon (2020), “All in: staying the course on our commitment to sustainability”, <https://sustainability.aboutamazon.com/pdfBuilderDownload?name=sustainability-all-in-september-2020>.

⁵⁵ *The Verge*, 23/VI/2020, <https://www.theverge.com/2020/6/23/21300427/amazon-climate-change-commitments-greenhouse-gas-emissions-jeff-bezos>.

⁵⁶ <https://www.telefonica.com/es/web/public-policy/pacto-digital-de-telefonica>.

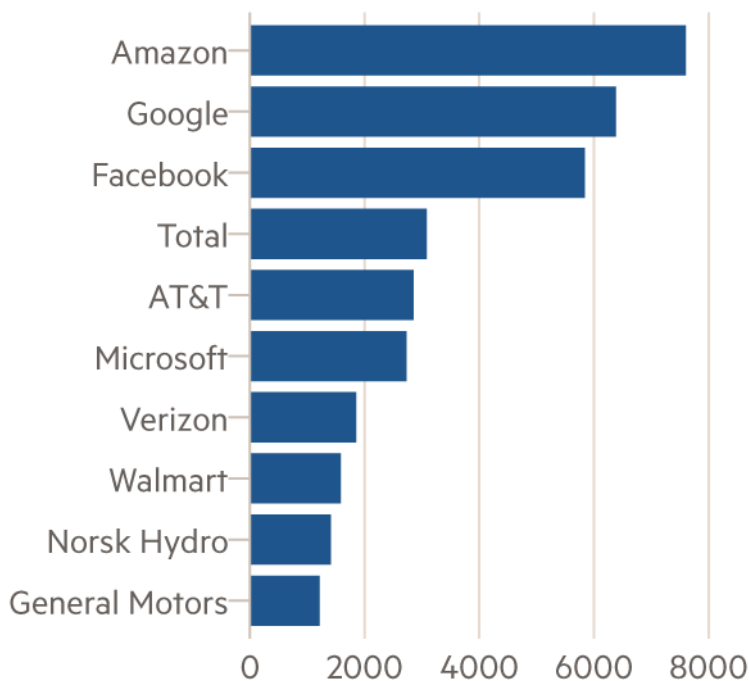
⁵⁷ Telefónica (2020), “Informe Anual Integrado”, <https://www.telefonica.com/documents/153952/13347843/Informe-de-Gestion-Consolidado-Telefonica-2020.pdf/60d9324e-73b3-c001-f325-1337b2d76788>.

⁵⁸ <https://www.applesfera.com/apple-1/apple-anuncia-medidas-para-ser-compania-cero-impacto-medioambiente-2030>.

Intel, que dice haber reducido en 2020 un 39% sus emisiones y un 10% sus emisiones de GEI, y con un 71% de su energía de fuentes renovables, también tiene ese objetivo del 100% para 2030. Sony, más lenta o más realista, dado que la producción de semiconductores gasta mucha electricidad, planea convertirse en una compañía sin huella de carbono en 2050 y que en 2040 el 100% de su energía provenga de fuentes renovables en 2040. ZTE apoya la economía circular a través del Desarrollo Verde.⁵⁹ Netflix ha anunciado su intención de reducir a cero su huella de carbono en su servicio en *streaming* para 2022.⁶⁰ La iniciativa de la Coalición Verde Europea⁶¹ a la cual Telefónica está adscrita, se lanzó en marzo de 2021 por parte de 26 CEO del sector para mostrar el compromiso de las empresas que suscriben la declaración con estos fines de ligar la transformación digital a la verde.

Figura 4. Los grupos tecnológicos en EE UU son los mayores compradores corporativos de energía verde

Global cumulative offsite power purchase agreements, 2000 to present (MW DC)



Source: BloombergNEF

© FT

Fuente: "How tech went big on green energy". *Financial Times*, febrero 2021, <https://www.ft.com/content/0c69d4a4-2626-418d-813c-7337b8d5110d>.

⁵⁹ https://res-www.zte.com.cn/mediare/zte/Files/PDF/white_book/202007021439EN.pdf.

⁶⁰ <https://www.theverge.com/2021/3/30/22353098/netflix-greenhouse-gas-emissions-climate-change-goals>.

⁶¹ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/companies-take-action-support-green-and-digital-transformation-eu>.

En el terreno de las inversiones en economía verde, la Comisión Europea ha presentado unas propuestas sobre la llamada “taxonomía de las finanzas sostenibles”,⁶² como primer intento mundial de clasificación para diferenciar lo que corresponden a inversiones “verdes” y a inversiones “marrones”. Aunque la propuesta no menciona aún lo nuclear (Bruselas preparar una propuesta específica al respecto), grupos de defensa del medioambiente han considerado que las inversiones en gas y energía nuclear no se pueden considerar verdes. La propuesta ha sido criticada y se han presentado muchas sugerencias de cambios o añadidos. La asociación empresarial ETNO, partiendo de que “los objetivos climáticos no se alcanzarán sin el papel crucial de las TIC como facilitadoras”, insiste en las aportaciones para lograr una economía verde de las redes, y otras.⁶³ Por su parte, un grupo de 123 científicos de 27 países han firmado una carta abierta⁶⁴ expresando su “profunda preocupación” porque el borrador no hace referencia a que las empresas deben reducir a cero sus emisiones de carbono para 2050. Ante la avalancha de comentarios y sugerencias, la Comisión ha decidido aplazar la presentación de la versión definitiva de su documento.

Ahora bien, no basta que el aumento del consumo de electricidad provenga de fuentes no emisoras de gases de efecto invernadero pues debe hacerse con fuentes adicionales. Todo ejercicio de publicidad corporativa basado en el compromiso con la descarbonización/energía renovable debería traer, efectivamente, descarbonización/energía renovable adicional al sistema y con una contribución sustancialmente superior al esfuerzo colectivo.⁶⁵

(6) Políticas público-privadas

Generar una complementariedad, y no conflicto, entre ambas transiciones, la digital y la ecológica, requiere de políticas públicas, privadas –como en parte ya hemos visto– y público-privadas. La industria digital debe sumarse al pacto verde general, aunque, de hecho, ya está, como hemos visto, tomando medidas de alcance.

El primer problema que se plantea es que son temas que a menudo van por separado, en parte debido a razones conceptuales y en parte a razones burocráticas: los departamentos en la Comisión Europea o en las administraciones nacionales que tratan estos temas son diferentes. Los departamentos de sostenibilidad suelen hablar del uso de la digitalización para reducir las emisiones de GEI y luchar contra el cambio climático, y menos de lo que contribuye la digitalización a estas emisiones. Los departamentos de

⁶² Technical Expert Group (TEG) on Sustainable Finance (2020), *TEG final report on the EU taxonomy*, https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/sustainable-finance-teg-final-report-eu-taxonomy_en.

⁶³ European Telecommunications Networks Operators (ETNO) (2020), “Comments to the draft delegated regulation on criteria defining environmentally sustainable activities”, https://etno.eu/downloads/positionpapers/etno%20comments_%20draft%20delegated%20act%20on%20environmentally%20sustainable%20activities_final%20for%20submission.pdf.

⁶⁴ “Scientists warn of ‘disconnect’ between EU climate goals and finance rules”, *Financial Times*, 6/XII/2020, <https://www.ft.com/content/3b017b2b-e8a5-4ea0-b7d0-c96337e33e5f>.

⁶⁵ A este respecto, véase: Comisión Europea con la colaboración de COWI y CEPS for DG ENER (CE) (2020), “Competitiveness of the renewable energy sector”, https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/618d5369-c48f-11e9-9d01-01aa75ed71a1/language-en?WT.mc_id=Searchresult&WT.ria_c=37085&WT.ria_f=3608&WT.ria_ev=search.

digitalización hablan cada vez más en sus estrategias de la dimensión verde, pero en términos muy generales.

Así, el Acuerdo de París sobre el Clima⁶⁶ insiste en la tecnología para mejorar la resiliencia al cambio climático y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Establece un marco tecnológico para proporcionar una orientación general al Mecanismo Tecnológico, para acelerar el desarrollo y la transferencia de tecnología, pero no entra en los impactos negativos del desarrollo de estas tecnologías en el cambio climático.

Según el *Green Deal* de la Comisión Europea, Europa se compromete a convertirse en carbono-neutral para 2050 y climáticamente neutral a finales de este siglo.⁶⁷ Las TIC ocupan un lugar destacado en la formulación de esta política: (1) debido a los esfuerzos recientes para liderar el mundo en un enfoque de innovación sostenible y centrado en el ser humano; y (2) para reducir los GEI en toda la economía.

Las cifras oficiales de la Comisión sitúan la participación actual de las TIC en las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero en más del 2%,⁶⁸ y un estudio encargado por la Comisión anticipa que “el consumo de energía de los centros de datos y las redes de telecomunicaciones crecerá a una tasa alarmante del 35% y del 150% respectivamente durante nueve años” (desde 2018).⁶⁹ En lugar de intentar afectar directamente esta tendencia de consumo, el enfoque político consiste en mitigar los impactos asociados, específicamente a través de una mayor eficiencia y energía renovable. En el citado informe encargado por la Comisión se afirma vagamente que las TIC “probablemente ahorran más energía de la que consumen”. Sin embargo, la redacción del *Green Deal* no es ambigua: “Las tecnologías digitales son un facilitador fundamental para alcanzar los objetivos de sostenibilidad del Acuerdo Verde en muchos sectores diferentes”.⁷⁰ Una de las aportaciones destacables de las tecnologías digitales es la propia incorporación segura de un mayor porcentaje de energías renovables en los sistemas eléctricos, gracias a la mejora de previsiones y a la optimización. Esto incluye varias iniciativas y esquemas de financiación importantes destinados a fomentar la innovación y la adopción de IA, IoT y *Blockchain*. Pero el *Green Deal* no proporciona una hoja de ruta detallada sobre cómo estas tecnologías cumplirán estos objetivos, ni cifras sobre los ahorros esperados que se derivarán de ellas.

Desde la Comisión Europea (y posteriormente desde el Consejo) la digitalización y la sostenibilidad, que son las dos grandes prioridades (20% y 37% de los fondos de recuperación) no se enlazan como deberían. Tanto en el *Next Generation EU*, como en

⁶⁶ https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf.

⁶⁷ Comisión Europea (2018), “A clean planet for all. A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy”, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=E>.

⁶⁸ Comisión Europea (2020), “Supporting the green transition”, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_28.

⁶⁹ Pan-European Data Centre Academy (PEDCA) (2015), “Final Report Summary”, European Commission, <https://cordis.europa.eu/project/id/320013/reportin>.

⁷⁰ European Commission (2019), “The European Green Deal”, https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication_en.pdf.

las condiciones publicadas por la Comisión para que los planes nacionales puedan beneficiarse de estos fondos, se trataban como cuestiones separadas. No obstante, en las instrucciones posteriores,⁷¹ se vuelven a unir y la Comisión habla ya de “reverdecir el sector digital”, con “políticas para reducir los residuos y el consumo de energía y aumentar el uso de energías renovables para la digitalización y el uso del calor residual de los centros de datos”. Por ejemplo, señala “se debería animar a los Estados miembros que invierten en infraestructuras digitales a que den prioridad a las tecnologías más eficientes desde el punto de vista energético y más ecológicas”.

En EEUU, en la plataforma electoral del Partido Demócrata⁷² para las elecciones de noviembre de 2020, las cuestiones de cambio climático y de tecnología se tratan sucesivamente sin establecer relación alguna entre ellas. Tampoco en las primeras Órdenes Ejecutivas (decretos) refrendadas hasta ahora por el presidente Biden para poner en marcha su agenda verde referencias a la relación entre estas dos transiciones.

(7) Fortalezas y debilidades de España

España cuenta con algunas fuerzas de cara a una digitalización sostenible. Según el índice de Economía y Sociedad Digital (DESI) 2020 de la UE,⁷³ en todos los indicadores España se mantiene significativamente por encima de la media europea, aumentando la puntuación desde los 80.9 puntos obtenidos en 2019 hasta los 87 puntos de 2020. El informe señala que España es la cuarta economía de la UE que ha registrado “la progresión más significativa” en el terreno de la digitalización, sólo superada por Malta, los Países Bajos e Irlanda. Además de los buenos resultados en servicios públicos digitales, destaca los del ámbito de la conectividad, especialmente en redes de fibra óptica, aunque aún queda terreno por cubrir, sobre todo en zonas rurales, y el desafío de una cobertura general del 5G.

Pero de cara al tema objeto de nuestro estudio, lo más importante es el peso de las energías renovables en la producción total de electricidad, que en España fue de un 43,6% en 2020, su mayor cuota desde que existen registros.⁷⁴

En España, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030,⁷⁵ elaborado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, aborda la tecnología y la digitalización para lograr una economía verde pero no entra en sus posibles efectos negativos. El plan España Digital 2025, elaborado por el Ministerio de Economía y Agenda Digital también lo toca, pero sin profundizar.

⁷¹ https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/document_travail_service_part1_v2_en.pdf.

⁷² <https://democrats.org/es/lo-que-representamos/plataforma-del-partido-democrata/>.

⁷³ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-economy-and-society-index-desi>.

⁷⁴ <https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/nota-de-prensa/2020/12/las-renovables-alcanzan-el-43-6-por-ciento-de-la-generacion-de-2020-su-mayor-cuota-desde-existen-registros#:~:text=As%C3%AD%2C%20Espa%C3%B1a%20gener%C3%B3%20109.269%20GWh,hasta%20alcanzar%20los%20250.387%20GWh..>

⁷⁵ https://www.miteco.gob.es/images/es/pnieccompleto_tcm30-508410.pdf.

En la Ley de Cambio Climático y Transición Energética,⁷⁶ cuyo artículo 5 bis (nuevo) plantea no sólo “acciones de impulso a la digitalización de la economía que contribuyan a lograr los objetivos de descarbonización, en el marco de la estrategia España Digital 2025”, sino, más en el objeto de este estudio, “informar y difundir las nuevas propuestas para la reducción de emisiones de efecto invernadero de la economía digital y los nuevos modelos de negocio” o “emplear el potencial de nuevas tecnologías, como la Inteligencia Artificial, para transitar hacia una economía verde, por ejemplo a través del diseño de algoritmos energéticamente eficientes por diseño”, entre otros puntos. Pero es necesario pasar de la ley a programas concretos al respecto. Desde la administración española se ha empezado a hablar de “algoritmos verdes”,⁷⁷ un término no científico-técnico, sino más bien de comunicación, que pretende incluir ese consumo eficiente de energía como elemento principal por encima del consumo de tiempo y de memoria o espacio. La Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial⁷⁸ habla de fomentar “la eficiencia energética de los sistemas de almacenamiento de datos y computación”.

El Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia presentado por el gobierno español señala que las acciones contempladas “cumplen plenamente con las exigencias reglamentarias en materia del principio de “no causar un perjuicio significativo” (*Do no significant harm principle*) y se orientan a maximizar las sinergias de la doble transición verde y digital con un conjunto de proyectos que utilizan las herramientas digitales para avanzar en eficiencia energética, algoritmos verdes, redes inteligentes, uso eficiente de agua y suelo, etc.”.⁷⁹ Habrá que medirlo a este respecto en la práctica.

Con estos mismos objetivos, hay que incluir los indicadores en la directiva/EU, y su trasposición a la ley española de información no financiera para empresas. La ley ya aborda la cuestión de los indicadores, aunque de forma insuficiente.⁸⁰

En cuanto a teletrabajo, España estaba entre los países más bajos de la UE, en torno a un 7% en 2018, según un estudio del Banco de España,⁸¹ pero la pandemia ha cambiado la situación. Un 30,5% reconoce haber hecho más teletrabajo durante la pandemia⁸² según una encuesta del CIS (frente a más de 60% en algunos países nórdicos). Otra encuesta de Eurofound⁸³ señala que esta proporción habría subido hasta un 51,5%.

⁷⁶ https://www.congreso.es/backoffice_doc/prensa/notas_prensa/81345_1617867418184.pdf.

⁷⁷ <https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/nota-de-prensa/2020/12/el-nuevo-programa-nacional-de-algoritmos-verdes-nos-permitira-disenar-algoritmos-eficientes-energeticamente>.

⁷⁸ Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial (2020), <https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2020/ENIA2B.pdf>.

⁷⁹ Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (2021), https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Paginas/2021/130421-sanchez_recuperacion.aspx.

⁸⁰ <https://www.boe.es/boe/dias/2018/12/29/pdfs/BOE-A-2018-17989.pdf>.

⁸¹ Brindusa Anghel, Marianela Cozzolino y Aitor Lacuesta (2020), “El teletrabajo en España”, Banco de España, https://www.bde.es/bde/es/utiles/Canal_RSS/Publicaciones/el-teletrabajo-en-espana.html.

⁸² http://www.cis.es/cis/export/sites/default/-Archivos/Marginales/3280_3299/3298/es3298mar.pdf.

⁸³ Eurofound (2021), “Working during COVID-19”, <https://www.eurofound.europa.eu/data/covid-19/working-teleworking>.

La climatización de los centros de datos, la necesidad de mantenerlos a baja temperatura representa casi un 50% de su consumo energético. De ahí que Europa, una mayoría de ellos se haya instalado en su parte norte, para ahorrar en refrigeración. Estas regiones fueron responsables del 82% del consumo energético de los centros de datos en 2018. Para el año 2025 esta proporción aumentará al 87%. Se prevé que el consumo de energía de los centros de datos en el norte de Europa aumente en un 48% en el período de 2018 a 2025. El abanico de posibles desarrollos futuros en Europa es amplio. Sin embargo, si se aprovechan todos los potenciales será posible reducir el consumo energético de los centros de datos al nivel de 2010.⁸⁴ Es un modelo de negocio y unas razones que van en contra de los intereses de España, aunque en este país también se estén instalando algunos de importancia. Amazon, por ejemplo, abrirá en 2022 sus tres primeros centros de datos en España, y España está aumentando su papel en el despliegue de centros de datos apalancados en las infraestructuras de cable submarino y el sector tecnológico nacional. Pero España debería pedir a las empresas compensaciones en forma de I+D u otras.

(8) Conclusiones y propuestas: medir y supervisar, la necesidad de un barómetro

Las dos transiciones deben ir juntas. La digitalización y la economía verde tienen que establecer una alianza decisiva. La creciente digitalización de las sociedades conlleva un aumento del consumo de electricidad con estos fines que si no viene de fuentes no emisoras de gases de efecto invernadero conducirá a más emisiones, especialmente con algunas tecnologías con la nueva IA apoyada en *Big Data* y otras, el *Blockchain*, o las nuevas conectividades. Es indispensable analizar el ciclo total de la digitalización considerando la dimensión ambiental-ecológica.

Ello implica analizar lo que pueden hacer las tecnologías digitales, pero también otras tecnologías, para reducir la huella de las tecnologías digitales. Identificar, evaluar la madurez y priorizar las tecnologías de descarbonización más allá de lo que puedan aportar las TIC. Para ello es necesario realizar un estudio exhaustivo del impacto de las tecnologías digitales en el sector energético.

Teniendo en cuenta la digitalización y sus aplicaciones a muchos sectores (salud, transporte, agricultura, fabricación, *smart cities*, etc.) cada vez habrá que integrar las TIC con las tecnologías de descarbonización. Las políticas público-privadas para hacerlo son importantes, y van a requerir financiación pública y privada. Como también la investigación en tecnología que minimice el gasto energético (por ejemplo, reduciendo el calentamiento de los componentes, lo que disminuye el consumo para enfriamiento, muy importante en países cálidos como España). El impulso a una “nube europea” –a una política de datos en la UE– debe incorporar criterios de sostenibilidad y de responsabilidad social.

⁸⁴ Jens Malmödin y Dag Lundén (2018), “The energy and carbon footprint of the global ICT and E&M sectors 2010-2015”, *Sustainability* 10, nº 9, p. 3027, <https://doi.org/10.3390/su10093027>.

En unos pocos años, la conciencia pública ha cambiado respecto a este problema tanto por parte de las empresas, que han empezado a tomar medidas importantes, como a administraciones públicas que, sólo en los últimos meses, han empezado a plantear el tema de forma aún demasiado general. En parte, la falta de reacción de las administraciones públicas, nacionales, europeas o internacionales se debe a divisiones burocráticas y de conocimientos entre los departamentos que se ocupan de una problemática y de la otra, faltando pasarelas entre ambas. Es necesario un cambio de cultura y de gobernanza.

La necesaria alineación de la transición digital y la ecológica implica ampliar el foco ético desde una IA/digitalización humanística (*human-centred*) a una ecocentrada (*eco-centred*) como nuevo marco de referencia para las políticas públicas sobre digitalización y sostenibilidad en Europa, y también a nivel global. Ello implica impulsar una cultura de “responsabilidad digital” por parte de los usuarios y generar servicios y dispositivos digitales, integrar la cuestión medioambiental en los parámetros de elección del consumidor e incentivar un uso racional de los contenidos digitales que tenga en cuenta criterios de sostenibilidad.

Para mejorar la capacidad de gestión de la huella ambiental de la tecnología digital por parte de las autoridades, un elemento esencial es la elaboración de instrumentos para medir con más exactitud los esfuerzos de unos y otros con estos fines. Es necesario desarrollar métricas rigurosas de emisiones en este campo.

Sería útil lograr una evaluación objetiva e independiente de las políticas público-privadas en este ámbito que recabara sus costes y sus resultados. Proponemos la elaboración de un barómetro medioambiental para promover las mejores prácticas de todo el ecosistema digital a escala nacional y europea, que en España podría elaborar el Observatorio Nacional de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (ONTSI).