



Estudio realizado por encargo del Grupo
Parlamentario Europeo de los Verdes/ALE

Proyecto liderado por GreenIT.fr con la colaboración
de miembros de NegaOctet (DDemain, GreenIT.fr,
LCIE CODDE Bureau Veritas, centro de datos APL)

TECNOLOGÍAS DIGITALES EN EUROPA:

un enfoque medioambiental de ciclo de vida



Autores por orden alfabético:

Sofia Benqassem/Frederic Bordage/Lorraine de Montenay/
Julie Delmas-Orgelet/ Firmin Domon/Etienne Lees Perasso/
Damien Prunel/Caroline Vateau

Índice

Los autores	3	5.1.1 –Análisis de sensibilidad en redes y aparatos excluidos	46
1. Prólogo	5	5.2 –Análisis de sensibilidad en aparatos	49
2. Resumen	7	5.2.1 –Análisis de sensibilidad en número de aparatos	49
2.1 –Resumen para los responsables políticos	7	5.2.2 –Análisis de sensibilidad en el tiempo de vida de los aparatos	51
Principales conclusiones.....	9	5.2.3 –Análisis de sensibilidad en consumo eléctrico de los aparatos	53
2.2 –Resumen para el público general	11	5.3 –Análisis de sensibilidad en redes	55
Principales conclusiones.....	13	5.3.1 –Análisis de sensibilidad en consumo eléctrico.....	55
3. Metodología	15	5.3.2 –Extrapolación del análisis de sensibilidad a la UE-28.....	55
3.1 - Metodología del ACV	15	5.4 –Análisis de sensibilidad en centros de datos	57
3.1.1 –Principios generales del ACV.....	15	5.4.1 –Análisis de incertidumbre en consumo eléctrico.....	57
3.1.2 –Enfoque metodológico del ACV.....	16	5.5 –Análisis de sensibilidad acumulada	58
3.1.3 –Definición de objetivos y ámbito de aplicación	17	6. Conclusiones	59
3.1.4 –Ámbito del estudio	19	Principales hallazgos de la evaluación multicriterio del ciclo de vida	59
3.1.5 –Gestión de datos perdidos	27	Limitaciones del estudio	60
4. Conclusiones del estudio del ACV	29	Limitaciones asociadas al ámbito del estudio	61
4.1 –Evaluación general	29	Limitaciones asociadas al inventario de ciclo de vida y la obtención de datos	62
4.1.1 –Evaluación general para un año de servicios en Europa	29	Limitaciones asociadas a los indicadores.....	63
4.1.2 –Resultados normalizados y ponderados.....	30	Apéndices	64
4.1.3 –Límites planetarios.....	33	A–Bibliografía	64
4.1.4 –Impacto ambiental medio por habitante de Europa	33	B–Glosario	69
4.2 –Enfoque específico por cada área de servicio digital .	37	C–Acrónimos	74
4.2.1 –NIVEL 1 - Equipos de usuario final.....	37	D–Índice de tablas	76
4.2.2 –NIVEL 2 - Redes	42	D–Índice de figuras	77
4.2.3 –NIVEL 3 - Centros de datos.....	44		
5. Análisis de sensibilidad	46		
5.1 –Global	46		



Los autores (1/2)

Este estudio se ha preparado bajo la dirección de Frédéric Bordage, fundador de GreenIT.fr.

La dirección del proyecto del estudio estuvo a cargo de Lorraine de Montenay, consultora independiente y miembro del colectivo GreenIT.fr.

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) ha sido realizado por Etienne Lees-Perasso y Damien Prunel, de LCIE CODDE Bureau

Veritas, con la colaboración de Caroline Vateau y Sofia Benqassem, de Neutreo by APL Data centre, Lorraine de Montenay, consultora independiente y miembro de GreenIT.fr, Frédéric Bordage, fundador de GreenIT.fr y Julie Orgelet, consultora independiente de DDemain.



Frédéric Bordage **greenIT.fr**

Desde 2004, GreenIT.fr reúne a expertos en sobriedad digital, informática verde, TIC sostenibles y ecodiseño de servicios digitales. GreenIT.fr lleva más de 17 años creando metodologías, puntos de referencia para la evaluación, compendios de mejores prácticas, referencias y otras herramientas. En calidad de grupo de expertos, GreenIT.fr asesora a autoridades públicas y a grandes organizaciones y realiza evaluaciones comparativas públicas y estudios basados en una metodología estándar del ACV.

Nuestra mentalidad: conseguir el más alto nivel de experiencia posible en Francia y en Europa; de forma constructiva y sin líneas divisorias; el máximo compromiso con el tema a tratar; y un enfoque apolítico.



Lorraine de Montenay **lon conseil**

En calidad de firma de consultoría independiente, lon conseil acompaña a las organizaciones en sus proyectos y transformaciones digitales responsables. lon conseil apoya a gestores, equipos e individuos desde la definición de las necesidades hasta su implementación. Nuestro objetivo común: construir una organización eficiente, de dimensiones humanas y resiliente al cambio, al tiempo que se reduce su huella medioambiental.

Como miembro de GreenIT.fr, participa en la difusión de conocimientos y mejores prácticas en materia de sobriedad digital.

Los autores (2/2)



Etienne Lees-Perasso | Damien Prunel | Firmin Doman

Bureau Veritas LCIE es el centro de especialización en ecodiseño y ACV del Grupo Bureau Veritas, con 20 años de experiencia. Nuestra empresa ha establecido colaboraciones con numerosas empresas de diferentes sectores como equipos electrónicos y eléctricos, servicios digitales, textil, mercancías, industria alimentaria y mobiliario.

Bureau Veritas LCIE forma parte del Grupo Bureau Veritas, una empresa líder mundial en servicios profesionales. Ofrecemos soluciones para ayudar a las organizaciones a conseguir, mantener y demostrar que cumplen con la normativa de calidad, salud, seguridad, medio ambiente y responsabilidad social.



Caroline Vateau | Sofia Benqassem



Creada en 1983, APL DATA CENTER es la empresa líder en consultoría e ingeniería especializada en el diseño y la construcción de centros de datos en Francia.

Nuestro departamento de tecnologías de la información sostenibles participa en el desarrollo de metodologías y normas para evaluar el impacto ambiental mediante me-

todologías de ACV y ayuda a los actores digitales a reducir su huella ambiental.

Nuestras áreas de especialización: auditoría medioambiental y ecodiseño, estrategia de TI verde, apoyo a la certificación (30 normas), formación y comunicación.



Julie Orgelet



Como consultora experimentada en ACV DDemain contribuye a la aplicación pragmática y eficiente del ACV en el ámbito de los servicios digitales.

El trabajo de DDemanin se centra en una adecuada adopción y aplicación de los resul-

tados del ACV. Como experto independiente, DDemain ha desarrollado una formación y transferencia de habilidades destinadas a aumentar el ecosistema de profesionales dedicados al ACV de servicios digitales.



1. Prólogo

El primer cuarto del siglo XXI ha supuesto un aumento sin precedentes de la incidencia de incendios forestales, inundaciones y fenómenos meteorológicos extremos. Se hace evidente que nuestro modelo de desarrollo actual ha llegado a su límite, pasando a presentar una amenaza directa para nuestra civilización y nuestro planeta. Los informes científicos son cada vez más precisos y alarmantes.

Un aumento constante e incontrolado de nuestras emisiones de gases de efecto invernadero convertirá nuestra realidad en una situación catastrófica e irreversible provocada por el cambio climático.

La biodiversidad está sufriendo un ataque sin precedentes, con la sexta extinción masiva en pleno desarrollo. En la era antropocena, la evidencia de que nuestro modelo industrial “extractivista” y nuestra sociedad “consumista” alteran los ciclos naturales de la Tierra no admite discusión. Es necesario actuar.

Este estudio pone de manifiesto el rotundo impacto de la tecnología digital y el sector informático en el medio. Desmontando la creencia de que el mundo digital es ligero e inmaterial: “virtual”, “en la nube” y sin efectos en el mundo físico.

La pandemia del COVID-19 ha puesto de manifiesto la gran dependencia de la Unión Europea de recursos críticos para la producción de nuestros dispositivos digitales. Esto no solo supone una amenaza medioambiental, sino que además precariza la soberanía digital de la UE. ¿Cómo podremos asegurar nuestra resiliencia digital en los años venideros?

Un enfoque sistémico del cambio es fundamental. La revolución industrial multiplicó por diez la capacidad mecánica y energética de la humanidad, pero trajo consigo un sacrificio medioambiental que hemos tardado siglos en comprender. La revolución digital traerá consigo cambios igualmente fundamentales, tanto ecológicos como sociales, económicos, democráticos o geopolíticos. Debemos asegurarnos de que estos cambios no escondan otro caballo de Troya similar.

Los datos serán clave para garantizar que las transiciones digital y climática no se obstaculizan mutuamente. Conocer el coste medioambiental exacto de la tecnología es un requisito previo para la innovación digital. A fin de adoptar decisiones políticas sólidas para el futuro, es necesario evaluar urgentemente las repercusiones ecológicas de la tecnología digital y su contribución al Pacto verde europeo. Esta evaluación deberá

estar respaldada con reformas en la legislación europea: es necesaria una normativa medioambiental para tecnologías, redes e infraestructuras digitales durante todo su ciclo de vida y que las decisiones estratégicas digitales queden sujetas a su relación coste/beneficio en términos de impacto medioambiental.

La Comisión Europea, bajo la presidencia de Ursula Von der Leyen, ha declarado su ambición de adaptar la economía europea a la urgencia de nuestro tiempo con sus políticas emblemáticas: el Pacto Verde Europeo y Una Europa adaptada a la era digital”. La conciliación de la doble transición ecológica y digital será un pilar esencial de la futura legislación de la UE.

Un estudio preciso de la repercusión de nuestra tecnología digital fomentará la innovación digital sostenible. Esta será mejor manera de garantizar que el avance digital se mantenga en línea con el Pacto Verde europeo.

Un enfoque europeo es esencial para lograr una economía digital verde y sostenible. Esperamos que este estudio ayude a sentar las bases, basadas en la evidencia, de las urgentes decisiones políticas que debemos adoptar para afrontar los retos de nuestro tiempo.

David Cormand y Kim van Sparrentak



Este documento ha sido elaborado para el Grupo Parlamentario de los Verdes/ALE en el Parlamento Europeo y refleja exclusivamente las opiniones de los autores. El Grupo Parlamentario de los Verdes/ALE no se responsabiliza de ninguna consecuencia derivada de la reutilización de esta publicación. El Grupo Parlamentario de los Verdes/ALE no garantiza la exactitud de los datos incluidos en este estudio.

Versión original del informe, septiembre de 2021

Versión española, 20 de octubre de 2022



A menos que se indique lo contrario, la reutilización de este documento está autorizada bajo licencia de Creative Commons Attribution 4.0 Internacional (CC-BY-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>). Por lo tanto, se permite la reutilización siempre que se cite el crédito correspondiente, se indiquen los cambios y las obras derivadas se publiquen con la misma licencia que el original.

Cómo citar este informe:

Bordage, F., de Montenay, L., Benqassem, S., Delmas-Orgelet, J., Domon, F., Prunel, D., Vateau, C. y Lees Perasso, E. GreenIT.fr. 2021. Tecnologías digitales en Europa: un enfoque medioambiental de ciclo de vida.

2. Resumen

2.1 — Resumen para los responsables políticos

El resumen del IPCC para los responsables políticos, publicado el 9 de agosto de 2021, confirma que “durante el siglo XXI el nivel de calentamiento global superará los 1,5°C - 2°C salvo que se produzcan reducciones drásticas de las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero en las próximas décadas”¹. El mismo informe afirma claramente que “cada tonelada de emisiones de CO₂ contribuye al calentamiento global”² y que “esta relación implica que reducir a cero las emisiones antropogénicas netas de CO₂ es un requisito para estabilizar el aumento de la temperatura global inducido por el hombre a cualquier nivel, pero que limitar el aumento de la temperatura global a un nivel específico implicaría limitar las emisiones acumuladas de CO₂ dentro de un presupuesto de carbono”³.

Por ello, para respetar el Acuerdo de París “[de mantener] el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de los 2 °C respecto a los niveles preindustriales y de proseguir los esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura a 1,5 °C respecto a los niveles preindustriales”⁴, todos los sectores de actividad humana deben contribuir a limitar y reducir las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero.

En este contexto, el objetivo de este estudio era evaluar los impactos ambientales de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) a escala de la Unión Europea (UE) para los responsables políticos y el conocimiento público, y proporcionar:

1. Datos claros y actualizados sobre el impacto medioambiental de las TIC a escala europea (UE-28).
2. Una metodología y un cálculo sólidos, objetivos y con base científica de los impactos ambientales de las TIC, basados en un Análisis del Ciclo de Vida (ACV).
3. Recomendaciones políticas para un desarrollo digital compatible con el Pacto Verde.

Este estudio es un análisis multicriterio de ciclo de vida. Esta evaluación cumple con las normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, con normalización para permitir la comparación con los límites planetarios.

La evaluación multicriterio del ciclo de vida permite describir las repercusiones ambientales de las TIC en la Unión Europea (28, incluido el Reino Unido⁵) para el año 2019, basándose en las siguientes cuatro fases del ciclo de vida:

- 1. Fase de fabricación:** desde la extracción de las materias primas hasta la salida de fábrica
- 2. Fase de distribución:** Desde la salida de fábrica hasta la entrega al usuario
- 3. Fase de uso:** repercusiones relacionadas con el uso, principalmente el consumo de electricidad
- 4. Fase de fin de vida:** tratamiento, reciclaje, incineración y/o vertido de residuos

Inicialmente se seleccionaron 19 indicadores de impacto en base a la metodología de la Huella ambiental de producto de la Unión Europea. Para mostrarlos con la mayor claridad posible y centrar nuestras recomendaciones en los temas adecuados, se seleccionaron los indicadores más importantes. Tras su normalización y ponderación, se seleccionaron ocho indicadores de impacto ambiental como los más importantes para los servicios digitales, que representan el 80% de los resultados globales ponderados.

1 IPCC, 2021: «Resumen para responsables políticos». En: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. P.18

2 Ibid, P.38

3 Ibid, P.39

4 «Paris Agreement, FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1» (PDF). Secretaría de la CMNUCC. Archivado (PDF) del original el 12 de diciembre de 2015.

5 El Reino Unido fue incluido en el ámbito de la UE para este estudio, ya que en 2019 el Reino Unido formaba parte de la UE.

Así quedan los resultados normalizados y ponderados:

Tabla 1—Resultados normalizados y ponderados

Uso de recursos, minerales y metales - kg Sb eq.	22.9%
Uso de recursos, fósiles- MJ	17.0%
Acidificación - mol H+ eq.	4.5%
Ecotoxicidad, agua dulce – CTUe	4.7%
Cambio climático - kg de CO ₂ eq.	16.2%
Radiación ionizante, salud humana - kBq U235 eq.	11.1%
Partículas en suspensión - Aparición de enfermedades	4.0%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana - kg de COVDM eq.	1.8%

Se han añadido cuatro indicadores de flujo adicionales para comprender mejor los flujos de materiales, residuos y energía relacionados con los servicios digitales:

Tabla 2—Indicadores de flujo añadidos

Materias primas - Kg
Generación de residuos - Kg
Consumo de energía primaria - MJ
Consumo de energía final (utilización) - MJ

Las repercusiones globales de los servicios digitales de la UE-28 se evaluaron como sigue:

Tabla 3—Repercusiones generales de los servicios digitales de la UE-28 (impactos ambientales e indicadores de flujo)

		Porcentaje de límites UE-28 por indicador
Uso de recursos, minerales y metales - toneladas Sb eq.	5.760	39.3%
Uso de recursos, fósiles- PJ	3.960	26.4%
Acidificación - mol H+ eq. (en miles de mill.)	1,19	1.8%
Ecotoxicidad, agua dulce – CTUe	3.090	35.2%
Cambio climático - Mt de CO ₂ eq.	185	40.7%
Radiación ionizante, salud humana - GBq U235 eq.	278	0.8%
Partículas en suspensión - Aparición de enfermedades	8.000	23.2%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana - toneladas COVDM eq.	464.000	1.7%
Materias primas – Mt	571	
Generación de residuos – Mt	116	
Consumo de energía primaria - PJ	4.230	
Consumo de energía final (utilización) – PJ	1.020	

Nota: debido a la imprecisión de los datos, no se han calculado los impactos del uso del suelo y del consumo de agua.

6 AIE. 2021. Estadísticas y datos - AIE. [en línea] Disponible en: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=EU28&fuel=Electricity%20and%20heat&indicator=TotElecCons> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

7 AEMA. 2021. Visor de datos sobre emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, enviados por los países a la CMNUCC y al Mecanismo de Seguimiento de Gases de Efecto Invernadero de la UE (Estados miembros de la UE). Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Las equivalencias son las siguientes:

El uso de recursos, minerales y metales equivale a 111t de oro en términos de rareza, y 571 Mt de materiales desplazados, equivalentes al peso de 9.200 millones de seres humanos (con una media de 62 kg). Esto significa que cada año, los materiales desplazados en relación con los servicios digitales de la UE-28 equivalen aproximadamente al peso de todos los seres humanos.

El impacto del cambio climático es similar al de 370.000 viajes de ida y vuelta de 500 pasajeros de avión entre París y Nueva York, o unos 63 años de la conexión existente (16 aviones diarios).

La generación de residuos es equivalente al peso de 1.870 millones de personas (con una media de 62 kg).

El consumo de electricidad equivale a 32.344.000 calentadores (1.000W) encendidos sin parar durante un año.

Además, a escala de la UE-28:

El consumo total de electricidad de los servicios digitales en Europa es de 283 TWh de un total de 3.054 TWh, lo que significa que el consumo de electricidad de los servicios digitales durante la fase de uso representa el 9,3% del consumo europeo de electricidad.

Las emisiones totales de GEI de los servicios digitales en Europa son de 185 Mt de CO₂ eq. de un total de 4.378 Mt de CO₂ eq., lo que significa que las emisiones de GEI de los servicios digitales representan el 4,2% de las emisiones europeas de GEI.

Nota

Las comparaciones a escala de la UE-28 tienen como objetivo proporcionar una escala de impactos relacionados y no deben entenderse como resultados absolutos. Los perímetros son diferentes: algunas emisiones relacionadas con los servicios digitales en la UE-28 se producen fuera de la UE-28 y se consideran parte del ámbito del estudio (fabricación de los dispositivos); mientras que el total de emisiones consideradas para la UE por la AIE son sólo las producidas dentro de las fronteras de la UE.

Para saber más sobre las emisiones importadas: <https://www.idhsustainabletrade.com/news/hidden-CO2-emissions-europes-imported-responsibility/>

Los cálculos por habitante de la UE-28 son:

Tabla 4—Repercusiones de los servicios digitales de la UE-28 por habitante (impactos ambientales e indicadores de flujo)

Uso de recursos, minerales y metales - g Sb eq.	11.2
Uso de recursos, fósiles- MJ	7.710
Acidificación - mol H+ eq.	2
Ecotoxicidad, agua dulce – CTUe	6.010
Cambio climático - kg de CO ₂ eq.	361
Radiación ionizante, salud humana - kBq U235 eq	541
Partículas en suspensión - Aparición de enfermedades	0,00156%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana - kg de COVDM eq.	0,91
Materias primas – kg	1,110
Generación de residuos – kg	225
Consumo de energía primaria – MJ	8,230
Consumo de energía final (utilización) – MJ	1,980

Esto sería equivalente, para un europeo, a un año de lo siguiente:

- El impacto del cambio climático es similar al de un viaje de ida y vuelta de un pasajero de avión entre París y Atenas.

- Uso de recursos, minerales y metales: 0,69 kg de estaño en términos de escasez, y 1.110 kg de materiales desplazados, equivalentes al peso de 18 personas (con una media de 62 kg).

- Generación de residuos: 225 kg residuos globales, equivalente al peso de 3,6 personas (con una media de 62 kg).

Consumo de electricidad: 1 calentador (1.000W) encendido sin parar durante 23 días.

Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de tener en cuenta múltiples categorías de impacto ambiental en relación con las estrategias climáticas y medioambientales y para la elaboración de políticas relativas a las TIC.

El análisis del ciclo de vida se divide en 3 niveles⁸, lo que proporciona una amplia visión del impacto medioambiental de las TIC a gran escala:

- Nivel 1: Equipos de usuario final (ordenadores, teléfonos, monitores, televisores, impresoras etc.)

- Nivel 2: Redes (fijas, móviles, centrales)

- Nivel 3: Centros de datos (desde grandes centros de datos a gran escala hasta servidores de empresas pequeñas).

Los principales resultados muestran el siguiente desglose de impactos ambientales por niveles:

Tabla 5—Desglose de impactos de los servicios digitales de la UE-28 (impactos ambientales e indicadores de flujo)

	Nivel 1 Equipos de usuario final	Nivel 2 Redes	Nivel 3 Centros de datos
Uso de recursos, minerales y metales	88.8%	5.9%	5.3%
Uso de recursos, fósiles	62.0%	14.1%	23,9%
Acidificación	65.8%	12.1%	22,1%
Ecotoxicidad, agua dulce	69.4%	10.1%	20,5%
Cambio climático	65.5%	11.9%	22,5%
Radiación ionizante, salud humana	65.5%	14.4%	20,2%
Partículas en suspensión	64.0%	13.0%	22,9%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana	67.3%	11.4%	21,3%
Materias primas	66.7%	12.2%	21,2%
Generación de residuos	78.6%	8.6%	12,8%
Consumo de energía primaria	58.2%	15.6%	26,2%
Consumo de energía final (utilización)	53.8%	17.9%	28,2%

Principales conclusiones

I. “Uso de recursos, minerales y metales” es, con diferencia, el indicador medioambiental más importante en cuanto a las repercusiones medioambientales de las TIC, por delante de “Cambio climático” y “Uso de recursos, fósiles”. De estos datos se desprende que las evaluaciones multicriterio son fundamentales para proporcionar una visión general del impacto ambiental y evitar las transferencias de impacto.

II. La fase de fabricación es la categoría con mayor repercusión en los indicadores “uso de recursos, minerales y metales” y los de materias primas y generación de residuos.

La fase de uso es la categoría con mayor repercusión en el resto de indicadores a escala europea.

III. Los dispositivos de usuario final son los de mayor impacto, al generar entre el 90% y el 54% de las repercusiones en función del indicador. Esto se debe al gran número de dispositivos que figuran en todas las categorías.

IV. La categoría de televisión representa por sí sola una gran porción de las repercusiones medioambientales de todos los indicadores evaluados, especialmente en el de “Uso de recursos, minerales y metales” (20%) en los indicadores ambientales y de generación de residuos (21,5%) y en los indicadores de flujo.

V. Aunque la categoría “objetos conectados al IdC” contiene una amplia variedad de dispositivos y configuraciones, el auge del IdC es notable, especialmente en lo que respecta al consumo final de energía.

VI. Muchas categorías de dispositivos, como ordenadores de sobremesa, ordenadores portátiles, televisores, teléfonos móviles inteligentes, impresoras, consolas de videojuegos y tabletas, contribuyen en gran medida a las repercusiones de los dispositivos de usuario final de las TIC.

VII. El nivel de los centros de datos aporta entre el 5% y el 23% de las repercusiones medioambientales de las TIC según los indicadores medioambientales y representa entre el 13% y el 28% de los flujos.

Se ha detectado una inversión de “tendencias” entre los indicadores medioambientales con mayor repercusión en las TIC, el cambio climático y el uso de recursos (minerales y metales). Esto demuestra que el cambio climático no puede mitigarse eficazmente sin abordar al mismo tiempo el resto de aspectos medioambientales relacionados con una actividad como las TIC. Estos datos deben entenderse al hilo de la dependencia de los recursos tecnológicos: cada recurso específico no renovable utilizado puede convertirse en un problema independiente por derecho propio en caso de falta de suministro o si el material se vuelve escaso.

En vista de los resultados, aparentemente, en la UE-28 las TIC ya se están beneficiando hasta cierto punto de la presencia de renovables en el mix energético. Sin embargo, en lo que respecta a los recursos utilizados en la fase de fabricación, hay intereses contradictorios en juego en cuanto al uso de recursos minerales y metálicos necesarios, por un lado, para la fabricación de las TIC y, por otro, para desarrollar las tecnologías requeridas para llevar a cabo la transición ecológica, que representan una demanda mucho mayor cuantitativamente, demanda que va a crecer mucho en los próximos años⁹ (por ejemplo, para fabricar baterías de vehículos eléctricos o paneles solares fotovoltaicos). En cuanto al impacto medioambiental en relación a los recursos, hay límites físicos que no se pueden sobrepasar en un sector de actividad en el que el reciclaje sólo es posible en parte.

Transparencia de datos

A pesar de las muchas posibilidades que ofrecen a día de hoy Internet y la programación de datos, sigue siendo muy difícil obtener datos fiables y de libre acceso para hacer un inventario completamente sólido. En la medida de lo posible y dentro de los límites temporales del estudio, se ha utilizado la mejor información disponible para su realización y, siempre que ha sido posible, la información era pública. Hemos detectado frecuentes dificultades para llevar a cabo una estimación sólida de ciertos aspectos relacionados con los equipos e infraestructuras que componen el inventario. De acuerdo con la lógica iterativa de la norma ISO-14040-44, este estudio debe repetirse para ser cada vez más preciso y poder limitar las incertidumbres.

Teniendo en cuenta el interés colectivo de abrir dicha información para medir las repercusiones medioambientales y fundamentar la toma de decisiones, así como para medir y reducir más eficazmente las repercusiones medioambientales, instamos a los diferentes actores públicos y privados a abordar esta cuestión para permitir a la ciudadanía europea y también, de manera más global, a la de todo el mundo, acceder a investigaciones sólidas gracias a una mayor transparencia.



**LOS SERVICIOS DIGITALES
SON UN RECURSO
NO RENOVABLE.**

¡SALVÉMOSLOS!

9 2019. *Perspectivas de los recursos materiales mundiales hasta 2060: Factores económicos y consecuencias medioambientales*. [ebook] OCDE. Disponible en: <https://www.oecd.org/environment/waste/highlights-global-material-resources-outlook-to-2060.pdf> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

2.2 —Resumen para el público general

La actividad humana está contaminando y afectando al medio ambiente de muchas maneras (cambio climático, pérdida de biodiversidad, acidificación de los océanos, salud humana, etc.). Los científicos llevan más de 30 años evaluando y confirmando las numerosas repercusiones de la actividad humana sobre el medio ambiente, avisando de forma cada vez más urgente sobre el cambio climático en particular, que está siendo inducido por el ser humano. En 2016, la Unión Europea firmó el acuerdo de París junto con otros 190 estados, comprometiéndose a “limitar el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de los 2 °C respecto a los niveles preindustriales y proseguir los esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura a 1,5 °C respecto a los niveles preindustriales”¹⁰.

Todos los sectores de actividad humana deben contribuir a limitar y reducir las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero a fin de mitigar el cambio climático. Para ello, también es importante, además de tener en cuenta el cambio climático, reducir otros impactos ambientales y evitar las transferencias de contaminación.

En este contexto, el objetivo de este estudio era evaluar los impactos ambientales de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) a escala de la Unión Europea (UE) para los responsables políticos y el conocimiento público, y proporcionar:

1. Datos claros y actualizados sobre el impacto medioambiental de las TIC a escala europea (UE-28);
2. Una metodología y un cálculo sólidos, objetivos y con base científica de los impactos ambientales de las TIC, basados en un análisis del ciclo de vida (ACV);
3. Recomendaciones políticas para un desarrollo digital compatible con el Pacto Verde.

Este estudio es un **análisis multicriterio de ciclo de vida**. Esta evaluación tiende a fomentar el cumplimiento de las normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, con normalización para permitir la comparación con los límites planetarios.

La evaluación multicriterio del ciclo de vida permite describir las repercusiones ambientales de las TIC en la Unión Europea (28, incluido el Reino Unido¹¹) para

el año 2019, basándose en las siguientes cuatro fases del ciclo de vida:

1. **Fase de fabricación:** desde la extracción de las materias primas hasta la salida de fábrica
2. **Fase de distribución:** Desde la salida de fábrica hasta la entrega al usuario
3. **Fase de uso:** repercusiones relacionadas con el uso, principalmente el consumo de electricidad
4. **Fase de fin de vida:** tratamiento, reciclaje, incineración y/o vertido de residuos

Inicialmente se seleccionaron 19 indicadores de impacto en base a la metodología de la Huella ambiental de producto de la Unión Europea. Para mostrarlos con la mayor claridad posible y centrar nuestras recomendaciones en los temas adecuados, se seleccionaron los indicadores más importantes. Tras su normalización y ponderación, se seleccionaron ocho indicadores de impacto ambiental como los más importantes para los servicios digitales, que representan el 80% de los resultados globales ponderados.

Así quedan los resultados normalizados y ponderados:

Tabla 6—Resultados normalizados y ponderados

Uso de recursos, minerales y metales - kg Sb eq.	22.9%
Uso de recursos, fósiles- MJ	17.0%
Acidificación - mol H+ eq.	4.5%
Ecotoxicidad, agua dulce - CTUe	4.7%
Cambio climático - kg de CO ₂ eq.	16.2%
Radiación ionizante, salud humana - kBq U235 eq.	11.1%
Partículas en suspensión - Aparición de enfermedades	4.0%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana - kg COVDM eq.	1.8%

Se han añadido cuatro indicadores de flujo adicionales para comprender mejor los flujos de materiales, residuos y energía relacionados con los servicios digitales:

Materias primas - kg
 Generación de residuos - kg
 Consumo de energía primaria - MJ
 Consumo de energía final (utilización) - MJ

¹⁰ «Paris Agreement, FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1» (PDF). Secretaría de la CMNUCC. Archivado (PDF) del original el 12 de diciembre de 2015.
¹¹ El Reino Unido fue incluido en el ámbito de la UE para este estudio, ya que en 2019 el Reino Unido formaba parte de la UE.

Las repercusiones globales de los servicios digitales de la UE-28 se evaluaron como sigue:

Tabla 7—Repercusiones generales de los servicios digitales de la UE-28 (impactos ambientales e indicadores de flujo)

Uso de recursos, minerales y metales - toneladas Sb eq.	5.760
Uso de recursos, fósiles- PJ	3.960
Acidificación - mol H+ eq. (en miles de millones)	1,19
Ecotoxicidad, agua dulce – CTUe	3.090
Cambio climático - Mt de CO ₂ eq.	185
Radiación ionizante, salud humana - GBq U235 eq.	278
Partículas en suspensión - Aparición de enfermedades	8.000
Formación de ozono fotoquímico - salud humana - toneladas COVDM eq	464.000
Materias primas – Mt	464.000
Generación de residuos – Mt	116
Consumo de energía primaria – PJ	4.230
Consumo de energía final (utilización) – PJ	1.020

Además, a escala de la UE-28:

El consumo total de electricidad de los servicios digitales en Europa es de 283 TWh de un total de 3.054 TWh¹², lo que significa que el consumo de electricidad de los servicios digitales durante la fase de uso representa el 9,3% del consumo europeo de electricidad.

Las emisiones totales de GEI de los servicios digitales en Europa son de 185 Mt de CO₂ eq. de un total de 4.378 Mt de CO₂ eq.,¹³ lo que significa que las emisiones de GEI de los servicios digitales representan el 4,2% de las emisiones europeas de GEI.

Nota

Las comparaciones a escala de la UE-28 tienen como objetivo proporcionar una escala de impactos relacionados y no deben entenderse como resultados absolutos. Los perímetros son diferentes: algunas emisiones relacionadas con los servicios digitales en la UE-28 se producen fuera de la UE-28 y se consideran parte del ámbito del estudio (fabricación de los dispositivos); mientras que el total de emisiones consideradas para la UE por la AIE son sólo las producidas dentro de las fronteras de la UE.

Para saber más sobre emisiones importadas: <https://www.idhsustainabletrade.com/news/hid-den-CO2-emissions-europes-imported-responsibility/>

Los cálculos por habitante de la UE-28 son:

Tabla 8—Repercusiones de los servicios digitales de la UE-28 por habitante (impactos ambientales e indicadores de flujo)

Uso de recursos, minerales y metales - toneladas Sb eq.	11.2
Uso de recursos, fósiles- MJ	7.710
Acidificación - mol H+ eq.	2
Ecotoxicidad, agua dulce – CTUe	6.010
Cambio climático - kg de CO ₂ eq.	361
Radiación ionizante, salud humana - kBq U235 eq.	541
Partículas en suspensión - Aparición de enfermedades	0,00156%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana - kg de COVDM eq.	0,91
Materias primas – kg	1,110
Generación de residuos – kg	225
Consumo de energía primaria – MJ	8,230
Consumo de energía final (utilización) – MJ	1,980

Las equivalencias son las siguientes:

El impacto del cambio climático es similar al de un viaje de ida y vuelta de un pasajero de avión entre París y Atenas.

Uso de recursos, minerales y metales: 0,69 kg de estaño en términos de escasez, y 1.110 kg de materiales desplazados, equivalentes al peso de 18 personas (con una media de 62 kg).

Generación de residuos: 225 kg residuos globales, equivalente al peso de 3,6 personas (con una media de 62 kg).

12 AIE. 2021. *Estadísticas y datos* - AIE. [en línea] Disponible en: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=EU28&fuel=Electricity%20and%20heat&indicator=TotElecCons> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

13 AEMA. 2021. *Visor de datos sobre emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, enviados por los países a la CMNUCC y al Mecanismo de Seguimiento de Gases de Efecto Invernadero de la UE* (Estados miembros de la UE). [en línea] Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Consumo de electricidad: 1 calentador (1.000W) encendido sin parar durante 23 días.

Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de tener en cuenta múltiples categorías de impacto ambiental en relación con las estrategias climáticas y medioambientales y para la elaboración de políticas relativas a las TIC.

El análisis del ciclo de vida se divide en 3 niveles¹⁴, lo que proporciona una amplia visión del impacto medioambiental de las TIC a gran escala:

Nivel 1: Equipos de usuario final (ordenadores, teléfonos, monitores, televisores, impresoras etc.)

Nivel 2: Redes (fijas, móviles, centrales)

Nivel 3: Centros de datos (desde grandes centros de datos a gran escala hasta servidores de empresas pequeñas)

Los principales resultados muestran el siguiente desglose de impactos ambientales por niveles:

Tabla 9—Desglose de resultados por nivel

	Nivel 1 Equipos de usuario final	Nivel 2 Redes	Nivel 3 Centros de datos
Uso de recursos, minerales y metales	5,3%	88,8%	5,9%
Uso de recursos, fósiles	14,1%	23,9%	62,0%
Acidificación	22,1%	65,8%	12,1%
Ecotoxicidad, agua dulce	10,1%	20,5%	69,4%
Cambio climático	65,5%	11,9%	22,5%
Radiación ionizante, salud humana	14,4%	20,2%	65,5%
Partículas en suspensión	13,0%	22,9%	64,0%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana	67,3%	11,4%	21,3%
Materias primas	66,7%	12,2%	21,2%
Generación de residuos	8,6%	12,8%	78,6%
Consumo de energía primaria	15,6%	26,2%	58,2%
Consumo de energía final (utilización)	28,2%	53,8%	17,9%

Principales conclusiones

I. “Uso de recursos, minerales y metales” es, con diferencia, el indicador medioambiental más importante en cuanto a las repercusiones medioambientales de las TIC, por delante de “Cambio climático” y “Uso de recursos, fósiles”. De estos datos se desprende que las evaluaciones multicriterio son fundamentales para proporcionar una visión general del impacto ambiental y evitar las transferencias de impacto.

II. La fase de fabricación es la categoría con mayor repercusión en los indicadores “uso de recursos, minerales y metales” y los de materias primas y generación de residuos.

La fase de uso es la categoría con mayor repercusión en el resto de indicadores a escala europea.

III. Los dispositivos de usuario final son los de mayor impacto, al generar entre el 90% y el 54% de las repercusiones en función del indicador. Esto se debe al gran número de dispositivos que figuran en todas las categorías.

IV. La categoría Televisión representa por sí sola una gran porción de las repercusiones medioambientales de todos los indicadores evaluados, especialmente en el de “Uso de recursos, minerales y metales” (20%) en los indicadores ambientales y de generación de residuos (21,5%) y en los indicadores de flujo.

V. Aunque la categoría “objetos conectados al IdC” contiene una amplia variedad de dispositivos y configuraciones, el auge del IdC es notable, especialmente en lo que respecta al consumo final de energía.

VI. Muchas categorías de dispositivos, como ordenadores de sobremesa, ordenadores portátiles, televisores, teléfonos móviles inteligentes, impresoras, consolas de videojuegos y tabletas, contribuyen en gran medida a las repercusiones de los dispositivos de usuario final de las TIC.

VII. El nivel de los centros de datos aporta entre el 5% y el 23% de las repercusiones medioambientales de las TIC según los indicadores medioambientales y representa entre el 13% y el 28% de los flujos.

Se ha detectado una inversión de “tendencias” entre los indicadores medioambientales con mayor repercusión en las TIC, el cambio climático y el uso de recursos (minerales y metales). Esto demuestra que el cambio climático no puede mitigarse eficazmente sin abordar al mismo tiempo el resto de aspectos medioambientales relacionados con una actividad como las TIC. Estos datos deben entenderse al hilo de la dependencia de los recursos tecnológicos: cada recurso específico no renovable utilizado puede convertirse en un problema

independiente por derecho propio en caso de falta de suministro o si el material se vuelve escaso.

En vista de los resultados, aparentemente, en la UE-28 las TIC ya se están beneficiando hasta cierto punto de la presencia de renovables en el mix energético. Sin embargo, en lo que respecta a los recursos utilizados en la fase de fabricación, hay intereses contradictorios en juego en cuanto al uso de recursos minerales y metálicos necesarios, por un lado, para la fabricación de las TIC y, por otro, para desarrollar las tecnologías requeridas para llevar a cabo la transición ecológica, que representan una demanda mucho mayor cuantitativamente, demanda que va a crecer mucho en los próximos años¹⁵ (por ejemplo, para fabricar baterías de vehículos eléctricos o paneles solares fotovoltaicos). En cuanto al impacto medioambiental sobre los recursos, hay límites físicos que no se pueden sobrepasar en un sector de actividad en el que el reciclaje sólo es posible en parte.

Transparencia de datos

A pesar de las muchas posibilidades que ofrecen a día de hoy Internet y la programación de datos, sigue siendo muy difícil obtener datos fiables y de libre acceso para hacer un inventario completamente sólido. En la medida de lo posible y dentro de los límites temporales del estudio, se ha utilizado la mejor información disponible para su realización y, siempre que ha sido posible, la información era pública. Hemos detectado frecuentes dificultades para llevar a cabo una estimación sólida de ciertos aspectos relacionados con los equipos e infraestructuras que componen el inventario. De acuerdo con la lógica iterativa de la norma ISO- 14040-44, este estudio debe repetirse para ser cada vez más preciso y poder limitar las incertidumbres.

Teniendo en cuenta el interés colectivo de abrir dicha información para medir las repercusiones medioambientales y fundamentar la toma de decisiones, así como para medir y reducir más eficazmente las repercusiones medioambientales, instamos a los diferentes actores públicos y privados a abordar esta cuestión para permitir a la ciudadanía europea y también, de manera más global, a la de todo el mundo, acceder a investigaciones sólidas gracias a una mayor transparencia.



15 2019. *Perspectivas de los recursos materiales mundiales hasta 2060: Factores económicos y consecuencias medioambientales*. [ebook] OCDE. Disponible en: <https://www.oecd.org/environment/waste/highlights-global-material-resources-outlook-to-2060.pdf> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

3. Metodología

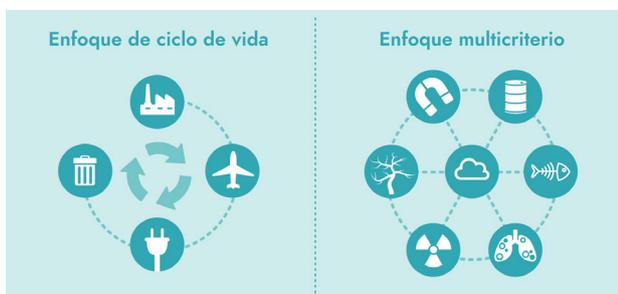
3.1 - Metodología del ACV

3.1.1 —Principios generales del ACV

El análisis del ciclo de vida es un método cuyo fin es evaluar las repercusiones ambientales de productos, servicios u organizaciones. Existen otros métodos de evaluación del impacto ambiental, como la huella de carbono o las evaluaciones de impacto. Pero el ACV tiene características específicas que hacen que su enfoque holístico sea único. De hecho, este método, que se viene utilizando desde finales de los años 90 y obtuvo la homologación ISO 14040:2006¹⁶ e ISO 14044:2006¹⁷, tiene por objeto establecer las repercusiones medioambientales de un producto o servicio en función de varios conceptos clave:

➤ **Enfoque multicriterio:** Se consideran sistemáticamente diferentes indicadores medioambientales, tales como potencial de calentamiento global, agotamiento de recursos abióticos, formación fotoquímica de ozono, contaminación del agua, el aire y el terreno, ecotoxicidad humana y biodiversidad. Esta lista de indicadores no es fija, sino que depende de cada sector de actividad.

➤ **Perspectiva del ciclo de vida:** Tener en cuenta los impactos generados durante todas las etapas del ciclo de vida de los equipos o servicios, desde la extracción de recursos que a menudo no son fácilmente accesibles hasta la generación de residuos, pasando por los procesos de instalación, el consumo de energía durante la fase de uso, etc.



➤ **Cuantificación:** Cada indicador se describe cuantitativamente para situar todos los aspectos externos de un producto o un servicio en la misma escala y tomar decisiones de forma objetiva.

➤ **Función:** El objeto de estudio queda definido por la función que cumple a fin de comparar las distintas soluciones técnicas.

➤ **Atribución o consecuencia:**

• **Atribución:** Describe las posibles repercusiones medioambientales que pueden atribuirse a un sistema (por ejemplo, un producto) durante su ciclo de vida, es decir, antes de la cadena de suministro y después de la cadena de valor de uso y fin de vida del sistema. La atribución se centra en los efectos directos relacionados con un sistema.

• **Consecuencia:** Consiste en identificar las consecuencias que una decisión en un sistema en primer plano tiene para otros procesos y sistemas de la economía, tanto en el proceso de fondo como en otros sistemas. El sistema analizado se modela en función de estas consecuencias. Se incluyen los efectos indirectos relacionados con un sistema.

En el sector de las TIC, el ACV se aplicó inicialmente sobre todo en el ámbito de los productos, pero su alcance se ha ampliado en los últimos años, primero gracias a la norma ETSI 203 199¹⁸ y hoy en día gracias al gran número de trabajos realizados por organizaciones profesionales del sector de las telecomunicaciones, como la UIT, por el consorcio NegaOctet para los servicios digitales o por el cluster de Ecodiseño para los servicios en general.

El cambio de productos a servicios implica mantener la perspectiva multicriterio y funcional, pero pasar de un enfoque circular (de la cuna a la sepultura) a un enfoque matricial que abarque el ciclo de vida de todos los equipos que componen las tres entidades (dispositivos, redes, centro de datos) que constituyen el servicio digital y permiten su funcionamiento.

16 ISO. 2006. ISO 14040:2006 - Gestión medioambiental - Análisis de ciclo de vida - Principios y marco de trabajo.. [en línea] Disponible en: <https://www.iso.org/standard/37456.html> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

17 ISO. 2006. ISO 14040:2006 - Gestión medioambiental - Análisis de ciclo de vida - Requerimientos y marco de trabajo.. [en línea] Disponible en: <https://www.iso.org/standard/37456.html> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

18 2014. Ingeniería medioambiental (IM); Metodología para el análisis medioambiental del ciclo de vida (ACV) de los productos, redes y servicios de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). [en línea] ETSI. Disponible en: https://www.etsi.org/deliver/etsi_es/203100_203199/203199/01.03.00_50/es_203199v010300m.pdf [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Este método de diagnóstico medioambiental permite identificar las fases y evitar las transferencias de impactos de una a otra y también de una entidad a otra. Por ejemplo, al pasar de una solución local a una solución SaaS en la nube, el análisis del ciclo de vida garantizará que los impactos evitados a nivel de terminales de usuario no sean neutralizados por impactos adicionales en la red.

3.1.2 —Enfoque metodológico del ACV

3.1.2.1 -¿Cuáles son las diferentes etapas de un ACV?

Tal como se presenta en la norma ISO 14040:2006¹⁹, un ACV consta de 4 etapas interrelacionadas:

1. Definición de objetivos y ámbito de aplicación
2. Análisis del inventario del ciclo de vida (ICV)
3. Evaluación de impacto del ciclo de vida (EICV)
4. Interpretación de los resultados del ciclo de vida

El ACV es una técnica iterativa en la que cada fase utiliza los resultados de las demás, contribuyendo a la integridad y coherencia del estudio y sus resultados. Se trata de un enfoque holístico, por lo que la transparencia de su uso es fundamental para garantizar una interpretación adecuada de los resultados obtenidos.

Nota: El ACV aborda las potenciales repercusiones medioambientales y, por lo tanto, no predice los impactos reales o absolutos.

3.1.2.2 —Definición de objetivos y ámbito de aplicación

La definición del objetivo del estudio debe describir su propósito y el proceso de decisión que servirá para dar apoyo en la toma de decisiones en materia medioambiental. El propósito del ACV debe determinar la utilidad prevista, las razones para realizar el estudio, la audiencia prevista, es decir, las personas a las que se espera transmitir los resultados del estudio, y si se espera que los resultados se utilizarán en comunicados comparativos que sean divulgados públicamente.

El alcance de un ACV (incluyendo límites del sistema, nivel de detalle, calidad de datos, hipótesis formuladas, limitaciones del estudio, etc.) depende del objeto y uso previsto del estudio. La profundidad y la amplitud del

ámbito de aplicación pueden variar considerablemente en función del objetivo específico que se busque.

El ACV ha de tener un enfoque estructurado y relacionado con una unidad funcional y/o declarada. Por lo tanto, todos los análisis posteriores están relacionados con dichas unidades. Cuando se necesita una comparación -solo entre productos o servicios que realizan la misma función- se debe elegir una unidad funcional en referencia a la función que realizan los productos o servicios en cuestión.

3.1.2.3 —Análisis del inventario del ciclo de vida (ICV)

Obtención de datos

Esta fase se centra en la recopilación de datos y procedimientos de cálculo para cuantificar las aportaciones y los resultados más relevantes del sistema estudiado. Los datos que se incluyan en el inventario deben obtenerse teniendo en cuenta los límites del sistema estudiado en cada proceso unitario.

Inventario elemental de flujo

En un ICV, se deben contabilizar los flujos elementales dentro de los límites del sistema, es decir, los flujos de materiales y energía que provienen del medio ambiente sin una transformación previa por parte de los seres humanos (por ejemplo, el consumo de petróleo, carbón, etc.) o que entran directamente en la naturaleza (por ejemplo, las emisiones atmosféricas de CO₂, SO₂, etc.) sin más transformación. Los flujos elementales incluyen el uso de recursos, las emisiones a la atmósfera y los vertidos al agua y al suelo relativos al sistema.

Los datos obtenidos, tanto por medición, cálculo o estimación, se utilizan para cuantificar todas las entradas y emisiones de materia y energía de los diferentes procesos.

Normas de atribución y asignación

En realidad, pocos procesos industriales producen un único resultado: los procesos industriales suelen producir más de un producto y/o productos intermedios o sus residuos se reciclan. En esos casos, se deben adoptar criterios para asignar la carga medioambiental a los diferentes productos, como sucede con el estudio realizado.

19 ISO. 2006. ISO 14040:2006 - Gestión medioambiental — Análisis de ciclo de vida— Principios y marco de trabajo. [en línea] Disponible en: <https://www.iso.org/standard/37456.html> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Valoración de la calidad de los datos

Los datos del ACV y el ICV relacionados con servicios y equipos digitales siguen resultando complejos. La mayoría de los estudios inspirados en el ACV utilizan datos monocriterio (como la energía o el calentamiento global), o conjuntos de datos heterogéneos. En este proyecto hemos utilizado la base de datos NegaOctet (cuya publicación está prevista para diciembre de 2021). La base de datos NegaOctet es un proyecto de 3 años de duración cofinanciado por la Agencia Francesa del Medio Ambiente (ADEME) que todavía estaba en desarrollo en el momento del estudio (mediados de 2021). Un instituto de investigación científica estaba realizando un análisis crítico de la base de datos al tiempo que este estudio estaba recibiendo su propio análisis crítico. Por esta razón, la base de datos ICV fue excluida del ámbito de la revisión de este estudio.

Se eligió esta base de datos por numerosas razones:

- Se trata de la única base de datos homogénea de ICV para equipos digitales del mundo a día de hoy y permite el cálculo de los indicadores de impacto del PEF EF 3.0
- Al estar desarrollando la base de datos, tenemos el control sobre su diseño

Debido a que la base de datos NegaOctet se utilizó antes de su publicación, no fue posible facilitar una evaluación completa de la calidad de los datos utilizados, que en cualquier caso son los únicos disponibles. No obstante, en los apéndices se incluye un resumen de la evaluación de calidad de los datos para ser lo más transparente posible.

3.1.2.4 —Evaluación de impacto del ciclo de vida

3.1.2.4.1—Selección, clasificación y caracterización de las repercusiones

Esta fase tiene por objeto evaluar la importancia de las posibles repercusiones ambientales a partir de los resultados del inventario. En este proceso se seleccionan categorías de impacto (tales como el cambio climático), y se asignan los datos procedentes del inventario a dichas categorías, junto con los indicadores de categoría de impacto (por ejemplo, el cambio climático en 100 años según la metodología CML) mediante un factor de caracterización. En esta fase se obtiene información útil para la fase de interpretación.

3.1.2.4.2—Normalización y ponderación

Los resultados numéricos de los indicadores también pueden ordenarse, normalizarse, agruparse y ponderarse. Este enfoque facilita la interpretación, pero no

hay consenso científico en cuanto a cómo realizar una evaluación de manera fiable.

3.1.2.5 —Interpretación de los resultados del ciclo de vida

La interpretación es la última etapa del ACV.

En ella se incorporan los resultados del inventario, de la evaluación o de ambos, y se resumen y argumentan de forma comprensible. Esta sección aporta a los destinatarios del estudio una base para formular las conclusiones, las recomendaciones y la toma de decisiones en línea con el objetivo y el alcance que se habían establecido.

3.1.2.5.1 —Análisis de sensibilidad e incertidumbre

Algunos de los datos proceden de la literatura, lo que significa que el modelo está basado en datos secundarios y que, por lo tanto, pueden ser inciertos. A la hora de determinar el orden de magnitud de las variaciones de los resultados, se deben llevar a cabo análisis de sensibilidad e incertidumbre.

3.1.3 —Definición de objetivos y ámbito de aplicación

3.1.3.1 —Objetivos del estudio

Por lo general, para realizar un análisis del ciclo de vida de un sector de actividad (en este caso, las actividades digitales) es necesario relacionarlo con su contexto físico y medioambiental real. Es importante aplicar este método a fin de:

- Establecer un diagnóstico cuantitativo de las repercusiones medioambientales directas de las actividades digitales a nivel de la UE-28
- Identificar los principales factores de impacto
- Identificar los instrumentos de mejora más significativos
- Favorecer un seguimiento de los resultados medioambientales en los años sucesivos
- Comunicar de forma objetiva los comportamientos medioambientales y las posibles mejoras
- Apoyar una estrategia digital responsable impulsada por el comportamiento medioambiental

Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo medir el impacto medioambiental de las tecnologías e infraestructuras digitales en Europa para:

1. Arrojar luz sobre las repercusiones medioambientales de la tecnología digital a fin de informar a los responsables políticos

2. Unir a los responsables políticos y a la comunidad científica para abordar las transiciones medioambientales y digitales

3. Generar una conciencia colectiva y empoderar a la ciudadanía europea y a los actores estratégicos europeos.

Por lo tanto, este estudio proporcionará información clave y puntos de referencia para:

1. Reconocer los sectores de actividad más sensibles
2. Armonizar el acceso a resultados sólidos
3. Sentar las bases para el desarrollo de indicadores de sostenibilidad digital claros

3.1.3.2 —Marco

Este trabajo tiende a fomentar el cumplimiento de las normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006.

En la medida de lo posible y en consonancia con nuestro contexto, la elección metodológica también hará referencia a normas complementarias, tales como:

● UIT L1410 - Metodología para la evaluación de los efectos medioambientales del ciclo de vida de los bienes, redes y servicios de tecnologías de la información y la comunicación.²⁰

● Recomendaciones de la UE sobre la HAP²¹ y las RCHAP (reglas de categoría de huella ambiental de los productos)²² en referencia a los equipos informáticos.²³

3.1.3.3 —Realización del estudio

El estudio se organizó en las siguientes fases:

● Una **fase de alcance** para definir el ámbito del estudio y abarcar la complejidad del sistema.

● Una **fase de obtención de datos** que abarca todos los equipos y usos incluidos en nuestro ámbito de aplicación. Esta fase incluyó una investigación bibliográfica en profundidad, cuestionarios de recogida de datos, talleres con expertos, etc.

● Una **fase para desarrollar una herramienta** destinada a calcular los impactos ambientales de la digitalización a nivel europeo utilizando la metodología de evaluación del ciclo de vida.

● El ACV

● Interpretación

Al final de cada fase se llevó a cabo una presentación ante el comité de dirección y se organizó un informe por parte de los revisores críticos para presentar la metodología y comprobar la conformidad del estudio con las normas ISO 14040:2006 y 14044:2006 y su solidez.

3.1.3.4 —Público objetivo

El público objetivo se compone fundamentalmente de:

● Responsables políticos

● La ciudadanía europea

El estudio también será útil para la comunidad científica en general.

El estudio final y los datos finales obtenidos se encuentran bajo licencia creative commons (CC BY-SA) a fin de facilitar un amplio acceso y uso de los resultados para el bien común.

Los resultados no están destinados a ser utilizados en declaraciones comparativas para su divulgación.

3.1.3.5 —Validez de los resultados

Los resultados sólo son válidos para la situación definida por los supuestos descritos en este informe. Las conclusiones pueden cambiar si las condiciones varían. Por lo tanto, los autores del ACV no pueden garantizar la pertinencia y la fiabilidad del uso por parte de terceros o para fines distintos de los mencionados en este informe.

Y es por lo tanto responsabilidad exclusiva del patrocinador.

20 Itu.int. 2014. L.1410: Metodología para la evaluación de los efectos medioambientales del ciclo de vida de los bienes, redes y servicios de tecnologías de la información y la comunicación [en línea] Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.1410/en> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

21 2017. Documento de orientación sobre las RCHAP, - Recomendación sobre las reglas de categoría de huella ambiental de los productos (RCHAP), versión 6.3. [en línea] Comisión Europea. Disponible en: https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR_guidance_v6.3.pdf [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

22 Las RCHAP (reglas de categoría de huella ambiental de los productos) "proporcionan orientaciones específicas para calcular las potenciales repercusiones medioambientales del ciclo de vida de los productos. Existen reglas análogas a las RCHAP en normas que regulan otros tipos de declaraciones ambientales de tipo III). Las RCHAP recibieron una denominación diferente para evitar confusiones con otras normas análogas e identificar de forma única las normas de la Guía de la HAP". Definición de 2017. Documento de orientación sobre las RCHAP, - Recomendación sobre las reglas de categoría de huella ambiental de los productos (RCHAP), versión 6.3. [en línea] Comisión Europea. Disponible en: https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR_guidance_v6.3.pdf [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

23 2017. Documento de orientación sobre las RCHAP, - Recomendación sobre las reglas de categoría de huella ambiental de los productos (RCHAP), versión 6.3. [en línea] Comisión Europea. Disponible en: https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR_guidance_v6.3.pdf [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

3.1.4 —Ámbito del estudio

El objetivo, dentro del marco de nuestro estudio, es proporcionar los últimos conocimientos (2019-2020) sobre las repercusiones medioambientales de las tecnologías digitales utilizando el método del ACV, descrito anteriormente, en el ámbito de la Unión Europea.

Solo las repercusiones directas serán tenidas en cuenta. Las repercusiones indirectas, tanto las positivas como las negativas (como por ejemplo los efectos de rebote directos o indirectos, la sustitución o los cambios estructurales), no se tienen en cuenta. Esto constituye un ACV atributivo.

Los siguientes párrafos proporcionan detalles del ámbito del estudio. p.ej.:

- Unidad funcional
- Límites del sistema: inclusión, exclusión, reglas de corte
- Representatividad geográfica, temporal y tecnológica
- Fase de ciclo de vida considerada
- Repercusiones medioambientales cuantificadas, métodos de caracterización
- Tipos y origen de los datos
- Requisitos de calidad de los datos.

3.1.4.1 —Sistema de producto a estudiar

3.1.4.1.1 —Límites tecnológicos

Este estudio se centra en los servicios digitales a escala europea. El ámbito de los servicios digitales abarca tres categorías de equipos, o “niveles”:

- Nivel 1 - Dispositivos de usuario final: Esta categoría incluye los terminales utilizados por los usuarios finales, como ordenadores, pantallas y objetos conectados (en el caso de los objetos conectados, sólo se incluyen los sensores y los componentes conectados, lo que significa, por ejemplo, que en el caso de los electrodomésticos, sólo se consideran las partes conectadas y los sensores de los electrodomésticos conectados y se excluyen otros componentes y dispositivos de los electrodomésticos).
- Nivel 2 - Red: En esta categoría se incluyen las infraestructuras de red para el intercambio de datos entre los terminales de los usuarios finales y los centros de datos. La Red se compone de una red fija, una red móvil y una red central. También incluye los routers de usuario final.
- Nivel 3 - Centros de datos: Esta categoría incluye los equipos relacionados con el alojamiento y el pro-

cesamiento de datos (switch, firewall, router, almacenamiento, etc.)



3.1.4.1.2 —Límites temporales

Este estudio abarca todos los servicios digitales prestados en Europa en 2019. Por consiguiente, los datos seleccionados representan al máximo la situación de 2019. En caso de falta de datos, estos han sido sustituidos y extrapolados en la medida de lo posible con datos no anteriores a 2015.

3.1.4.1.3 —Límites geográficos

El ámbito geográfico estudiado abarca los equipos informáticos ubicados en la Unión Europea (28 estados miembros, incluido el Reino Unido en el momento considerado (2019)).

Los equipos e infraestructuras TIC localizados fuera de los límites de la UE fueron excluidos.

3.1.4.2 —Función y unidad funcional

La unidad funcional es la unidad de referencia utilizada para relacionar las entradas y emisiones, así como el rendimiento medioambiental de uno o varios sistemas de productos.

La función estudiada es la prestación de servicios digitales en la UE-28 utilizados por consumidores y organizaciones privadas y públicas a lo largo de un año. Debido a esta gran diversidad de usos, es difícil, si no imposible, clasificar el uso de los servicios digitales en Europa en unidades funcionales.

En esos casos, el concepto de unidad funcional se sustituye por una unidad declarada.

“Equipos y sistemas relacionados con los servicios digitales basados en la Unión Europea (28 estados miembros) durante un año”.

Y por habitante de la UE

“Equipos y sistemas relacionados con los servicios digitales basados en la Unión Europea (28 estados miembros) durante un año en proporción a cada habitante”.

3.1.4.3 — Límites del sistema

3.1.4.3.1 — Fases del ciclo de vida consideradas

Durante la elaboración del estudio hemos considerado las siguientes fases del ciclo de vida:

1. Fase de fabricación: Incluye la extracción de materias primas, los transportes previos y los procesos de fabricación.

2. Fase de distribución: incluye la distribución desde el fabricante hasta la ubicación de la instalación.

3. Fase de uso: Incluye, al menos, la electricidad utilizada por el equipo informático.

4. Fase de fin de vida: tratamiento, al final de la vida útil de los equipos informáticos.

3.1.4.3.2—Inclusión

Como se ha indicado anteriormente, el estudio abarca las infraestructuras de los servicios digitales y dispositivos situados en toda Europa en los tres niveles.

A continuación se presenta el listado de los equipos cubiertos por este estudio:

Nivel 1 – Equipos de usuario final e IdC
Teléfonos inteligentes
Teléfono móvil, teléfono (de línea fija terrestre), tableta
Ordenador portátil, ordenador de sobremesa
Monitor / pantalla, monitor / pantalla por tamaño, proyector
TV, TV por tamaño, decodificador de TV, consola de videojuegos
Impresoras
Objetos conectados (sólo la parte que se comunica (etiqueta, RFID, etc.)), altavoces conectados
Nivel 2 – Red
Equipos informáticos para redes móviles (2G, 3G, 4G, 5G) y fijas (FTTX, ADSL)
Equipos no informáticos para redes móviles (2G, 3G, 4G, 5G) y fijas (FTTX, ADSL)
Nivel 3 – Centros de datos
Equipos informáticos (programación, almacenamiento, red)
Equipos no informáticos para infraestructuras (sistemas de refrigeración, generadores, SAI, baterías, etc.)

3.1.4.3.3—Exclusión

Los siguientes flujos fueron excluidos del estudio:

- La iluminación, climatización, saneamiento y limpieza de las instalaciones en las que se fabrican los equipos, por falta de datos
- El transporte de empleados, considerado fuera de los límites del estudio
- La fabricación y mantenimiento de las herramientas de producción, por falta de datos

- La construcción y mantenimiento de las infraestructuras, por falta de datos

- Los flujos de los departamentos administrativos, de gestión y de I+D, considerados fuera de los límites del estudio

- El *marketing* de los productos, considerado fuera de los límites del estudio

- Las instalaciones de restauración del personal, consideradas fuera de los límites del estudio

- Las actividades informáticas de mantenimiento, reparación y reelaboración, por falta de datos

- El impacto de los empleados del sector de las TIC: transporte, oficina, almuerzo, etc., que se consideran fuera del ámbito de aplicación por convención (estos aspectos suelen tenerse en cuenta en los enfoques basados en la norma ISO 14001)

- Centros de datos que gestionan datos consultados en Europa pero ubicados en el extranjero, ya que el alcance del estudio sólo se refiere a los equipos utilizados en suelo de la UE-28

- Redes de televisión/radio, debido a la falta de información sobre los equipos que las conforman

- Las redes empresariales, debido a la falta de información de los equipos que las componen

- RTPC (Red Telefónica Pública Conmutada), debido a la falta de información sobre los equipos que la componen

- Ciertos productos electrónicos de consumo como reproductores multimedia, cámaras, GPS, debido a la falta de información de los equipos que los componen

Todo lo anterior se considera ajeno al ámbito del estudio.

Para algunos de los flujos excluidos (redes de TV/radio, RTPC, redes de empresa, electrónica de consumo), se elaboró un análisis de sensibilidad para incluir su consumo eléctrico.

3.1.4.3.4—Reglas de corte

Por lo general, la modelización medioambiental debe abarcar un porcentaje definido (mayor o igual al 95%) de los equipos o sistemas:

- La masa de los flujos intermedios no tenidos en cuenta debe ser inferior o igual al 5% de la masa de los elementos del producto de referencia correspondiente a la unidad funcional,

- Los flujos de energía no tenidos en cuenta serán inferiores o iguales al 5% del total de la energía primaria utilizada durante el ciclo de vida del producto de referencia correspondiente a la unidad funcional.

Sin embargo, en el caso de los servicios digitales, la verificación de estas normas de corte es difícil. En el contexto del estudio se ha tenido en cuenta toda la información disponible, considerando las exclusiones especificadas anteriormente sobre el alcance del estudio. La evaluación medioambiental revela qué partes del servicio estudiado tienen mayor impacto y cuáles serán objeto de un análisis de sensibilidad.

3.1.4.4 — Procedimientos de atribución

3.1.4.4.1 — Atribuciones generales

Salvo al final de la vida, no se ha realizado ninguna atribución general. Se han realizado asignaciones específicas para algunos dispositivos. Véase el anexo Datos utilizados en el modelo del ACV para más detalles.

3.1.4.4.2 — Asignación para el fin de vida útil

A efectos de la evaluación del ciclo de vida en este informe, el reciclaje y la recuperación de materiales al final de su ciclo de vida se considera utilizando la fórmula desarrollada por Ecosystem en su base de datos²⁴, seleccionando el enfoque “sin beneficios”. Este método parte de la base de que el reciclaje o la recuperación de energía de los materiales al final de su vida útil no aporta ningún beneficio relacionado con la sustitución de materiales vírgenes o fuentes de energía primaria.

El método aplicado con el enfoque “sin beneficio” es el siguiente:

● Repercusiones del reciclaje de materiales:

$$(1-A)R_2 * E_{\text{reciclajeFdV}}$$

Donde:

A: (factor de) asignación de los costes y créditos de distribución entre el proveedor y el usuario de materiales reciclados. En el enfoque del ecosistema, A=0.

R₂: es la proporción del material del producto que será reciclado (o reutilizado) en posteriores sistemas.

E_{reciclajeFdV}: emisiones específicas y recursos consumidos (por unidad funcional) derivados del proceso de reciclaje en FdV, incluyendo el proceso de recogida, la clasificación y el transporte.

● Repercusiones de la recuperación de energía

$$(1-B)R_3 * E_{ER}$$

Donde:

B: factor de asignación para los procesos de recuperación de energía: se aplica tanto a los costes como a los créditos. En el enfoque del ecosistema, B=0.

R₃: es la proporción del material del producto que se utiliza para la recuperación de energía en el FdV.

EER: emisiones específicas y recursos consumidos (por unidad funcional) resultantes del proceso de recuperación de energía (por ejemplo, incineración con recuperación de energía, vertedero con recuperación de energía, ...).

● Repercusiones del vertido de residuos

$$(1-R_2-R_3)*E_D$$

Donde:

R₂: es la proporción del material del producto que será reciclado (o reutilizado) en posteriores sistemas.

R₃: es la proporción del material del producto que se utiliza para la recuperación de energía en el FdV.

E_D: emisiones específicas y recursos consumidos (por unidad funcional) resultantes de la eliminación del material de desecho en el FdV del producto analizado, sin recuperación de energía.

3.1.4.5 — Metodología EICV y tipos de repercusiones

3.1.4.5.1 — Selección, clasificación y caracterización de las repercusiones

Esta fase tiene por objeto evaluar la importancia de las posibles repercusiones ambientales haciendo uso de los resultados del inventario. En este proceso se seleccionan categorías de impacto y se asocian los datos procedentes del inventario con dichas categorías (p.ej. cambio climático a lo largo de 100 años según la metodología CML) usando factores de caracterización. En esta fase se obtiene información útil para la fase de interpretación.

En nuestro contexto, basaremos el análisis en los indicadores propuestos por la Comisión Europea en el marco de la Huella Ambiental del Producto (HAP), usando la HAP 3.0.²⁵

24 n.d. Acerca de la base de datos WEEE del ICV. [en línea] Ecosystem. Disponible en: <https://www.ecosystem.eco/upload/media/default/0001/02/91508a37f34b3a821e4cdf070c4f7483625421c.pdf> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

25 Eplca.jrc.ec.europa.eu. 2019. Plataforma Europea para los Análisis del Ciclo de Vida - Huella ambiental del Promotor (HA). [en línea] Disponible en: <https://epca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/developerEF.xhtml> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Tabla 10 - Conjunto completo de indicadores de impacto recomendados en la metodología de la HAP

Categoría de impacto	Modelo	Unidad	Nivel de recomendación del método EICV
Cambio climático	IPCC 2013, GWP 100	kg CO ₂ eq	I
Reducción de la capa de ozono	Organización Meteorológica Mundial (OMM), 1999	kg CFC-11 eq	I
Partículas en suspensión	Fantke et al., 2016	incidencia de enfermedades	I
Acidificación	Posch et al., 2008 ; Seppälä et al. 2006	mol H+ eq	I
Eutrofización, agua dulce	Struijs et al, 2009	kg P eq	II
Eutrofización, agua marina	Struijs et al, 2009	kg N eq	II
Eutrofización, terrestre	Posch et al., 2008 ; Seppälä et al. 2006	mol N eq	II
Radiación ionizante, salud humana	Frischknecht et al., 2000	kBq U235 eq	II
Formación de ozono fotoquímico, salud humana	Van Zelm et al., 2008, tal y como se aplica en ReCiPe, 2008	kg COVDM eq	II
Toxicidad humana, excepto cáncer	USEtox (Rosenbaum et al., 2008)	CTUh	III
Uso del suelo	Índice de calidad del terreno (basado en Beck et al. 2010; LANCA, Bos et al., 2016)	pt	III
Uso de recursos, fósiles	ADP para vectores energéticos, en base a van Oers et al. 2002 tal y como se implementó en CML, v. 4.8 (2016)	MJ	III
Uso de recursos, minerales y metales	ADP para recursos minerales y metalíferos, basado en van Oers et al. 2002 tal y como se implementó en CML, v. 4.8 (2016)	kg Sb eq	III
Uso del agua	AWARE 100 (basado en Boulay et al., 2018)	m ³ eq mundial	III
Ecotoxicidad, agua dulce	USEtox (Rosenbaum et al., 2008)	CTUe	III/Interim
Toxicidad humana, cáncer	USEtox (Rosenbaum et al., 2008)	CTUh	III/Interim

Para mostrarlos con la mayor claridad posible y centrar nuestras recomendaciones en los temas adecuados, está ampliamente aceptado que se reduzca el conjunto de indicadores a una selección adecuada. En nuestro caso, el conjunto limitado de indicadores seleccionados se deriva del enfoque de normalización y ponderación.

Hemos seleccionado los indicadores más relevantes en base a los resultados normalizados y ponderados (véase Resultados normalizados y ponderados). Se seleccionaron los siguientes indicadores, que representan más del 80% de los resultados globales ponderados:

Tabla 11 - Selección de indicadores más relevantes en base a su normalización y ponderación

Categoría de impacto	Modelo	Unidad	Nivel de recomendación del método EICV
Cambio climático	IPCC 2013, GWP 100	kg CO ₂ eq	I
Partículas en suspensión	Fantke et al., 2016	incidencia de enfermedades	I
Acidificación	Posch et al., 2008	mol H+ eq	II
Radiación ionizante, salud humana	Frischknecht et al., 2000	kBq U235 eq	II
Formación de ozono fotoquímico, salud humana	Van Zelm et al., 2008, tal y como se aplica en ReCiPe, 2008	kg COVDM eq	II
Uso de recursos, fósiles	ADP para vectores energéticos, en base a van Oers et al. 2002 tal y como se implementó en CML, v. 4.8 (2016)	MJ	III
Uso de recursos, minerales y metales	ADP para recursos minerales y metalíferos, basado en van Oers et al. 2002 tal y como se implementó en CML, v. 4.8 (2016)	kg Sb eq	III
Ecotoxicidad, agua dulce	USEtox (Rosenbaum et al., 2008)	CTUe	III/Interim

El indicador “uso del agua”, aunque representa el 16,8% de los impactos ponderados, se eliminó: se ha detectado un problema en la contabilización de los flujos de agua en los datos de fin de vida de la ESR. Tras discutirlo con el ESR, se identificaron los siguientes aspectos:

- Los procesos de fin de vida conllevan un bajo consumo de agua.
- La mayor parte del consumo de agua procede del uso de electricidad. En este caso, la mayor parte del agua utilizada proviene de fuentes de agua dulce y debe retornarse a estas (uso correspondiente al agua de refrigeración). Pero según los datos de la ESR, el agua procedente de fuentes de agua dulce se acaba vertiendo al mar. Esta emisión no se contabiliza en el indicador de uso de agua. Lo que lleva a resultados artificialmente elevados para el fin de vida útil. Este dato no se pudo corregir dentro del plazo de elaboración del estudio, por lo que hubo que eliminar el indicador.

● El indicador “uso de la tierra” no se consideró relevante: muchos datos relacionados con la extracción de minerales no tienen en cuenta los flujos de uso de la tierra. Por consiguiente, esta limitación también está presente en los datos de los dispositivos. Por lo tanto, la contabilización de los impactos del uso de la tierra sería incompleta en el mejor de los casos y no se puede incluir en un informe sin que se genere un alto grado de incertidumbre.

● Adicionalmente, se propone complementar este conjunto con cuatro indicadores más comprensibles, que serían el aporte de materiales por unidad de servicio (AMUS), la generación de residuos, la energía primaria y la energía final. Estos indicadores no pueden ser normalizados y ponderados, pero proporcionan una comprensión adicional de las repercusiones medioambientales.

Tabla 12 - Adición de cuatro indicadores de flujo

Categoría de impacto	Modelo	Unidad	Nivel de recomendación del método EICV
Aporte de materiales por unidad de servicio	MIPS, Schmidt-Bleek, 1994 y Ritthoff et al., 2002	kg	N/A
Generación de residuos (no limitada a residuos electrónicos)	Compilación de 3 tipos de residuos: 1. residuos no peligrosos (inertes) 2. residuos peligrosos (tóxicos, inflamables, explosivos, irritantes, etc.) 3. radioactivos La categoría de residuos no peligrosos representa la mayor parte del total de residuos generados por las TIC.	kg	N/A
Energía primaria	Energía acumulativa	MJ	N/A
Energía final		MJ	N/A

Para una mejor comprensión de los indicadores seleccionados, la siguiente tabla detalla cada uno de ellos con una explicación de los aspectos medioambientales relacionados:

Tabla 13 - Descripción de los indicadores de impacto y de flujo

Indicadores de impacto	
<p>Agotamiento de los recursos abióticos (minerales y metales)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de indicador: Indicador de impacto orientado a problemas (punto medio) • Unidad: kg Sb equivalente (kg Sb eq.) • Método de estudio: CML 2002 • Definición: La explotación industrial lleva a una disminución de los recursos disponibles cuyas reservas están limitadas. Este indicador evalúa la cantidad de recursos minerales y metálicos extraídos de la naturaleza como si fueran antimonio. 	<p>Cambio climático</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de indicador: Indicador de impacto orientado a problemas (punto medio) • Unidad: kg CO₂ equivalente (kg Sb eq.) • Método de estudio: IPCC 2013 • Definición: Los gases de efecto invernadero (GEI) son compuestos gaseosos que absorben la radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra. El incremento de su concentración en la atmósfera terrestre contribuye al calentamiento global.
<p>Acidificación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de indicador: Indicador de impacto orientado a problemas (punto medio) • Unidad: mol H⁺ eq. • Método de estudio: Exceso Acumulado (Seppälä et al. 2006, Posch et al. 2008) • Definición: La acidificación del aire está relacionada con las emisiones de óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, amoníaco y ácido clorhídrico. Estos contaminantes se convierten en ácidos en presencia de la humedad, y al precipitarse pueden dañar tanto los ecosistemas como los edificios. 	<p>Partículas en suspensión</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de indicador: Indicador de impacto orientado a problemas (punto medio) • Unidad: Incidencia de enfermedades • Método de estudio: Método de partículas recomendado por PNUMA (PNUMA 2016) • Definición: La presencia de partículas de pequeño diámetro en el aire -en particular las que tienen un diámetro inferior a 10 micras- supone un problema de salud humana, ya que su inhalación puede causar problemas respiratorios y cardiovasculares
<p>Radiaciones ionizantes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de indicador: Indicador de impacto orientado a problemas (punto medio) • Unidad: kBq U235 eq. • Método de evaluación: Modelo de efectos en la salud humana desarrollado por Dreicer et al. 1995 (Frischknecht et al. 2000) • Definición: Ciertas actividades humanas pueden producir la liberación de radionucleidos. Cuando los radionúclidos se descomponen, liberan radiación ionizante. La exposición humana a las radiaciones ionizantes provoca daños en el ADN, lo que a su vez puede provocar diversos tipos de cáncer y malformaciones 	<p>Formación de ozono fotoquímico, salud humana</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de indicador: Indicador de impacto orientado a problemas (punto medio) • Unidad: kg COVDM eq. • Método de estudio: Van Zelm et al., 2008, tal y como se aplica en ReCiPe, 2008 • Definición: El ozono troposférico se forma en la zona baja de la atmósfera a partir de compuestos orgánicos volátiles (COV) y óxidos de nitrógeno como resultado de la radiación solar. El ozono es un oxidante muy potente del que se sabe que tiene efectos contra la salud porque penetra fácilmente en las vías respiratorias
<p>Agotamiento de los recursos abióticos (fósiles)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de indicador: Indicador de impacto orientado a problemas (punto medio) • Unidad: MJ • Método de estudio: CML 2002 • Definición: El indicador representa el consumo de energía primaria procedente de diferentes fuentes no renovables (petróleo, gas natural, etc.). Los cálculos se basan en el poder calorífico inferior (PCI) de los tipos de energía considerados, expresado en MJ/kg. Por ejemplo, 1 kg de petróleo aportará 41.87 MJ al indicador considerado. 	<p>Ecotoxicidad, agua dulce</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de indicador: Indicador de impacto orientado a problemas (punto medio) • Unidad: CTUe • Método de estudio: USEtox (Rosenbaum et al., 2008) • Definición: Estos indicadores hacen un seguimiento de toda la cadena de impacto, desde la emisión de un componente químico hasta el impacto final sobre los seres humanos y los ecosistemas. Esto incluye la modelización de la distribución y el destino en el medio ambiente, la exposición de las poblaciones humanas y los ecosistemas y los efectos relacionados con la toxicidad asociados a la exposición.
Indicadores de flujo	
<p>Masa de residuos generada</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de indicador: Indicador de flujo • Unidad: kg • Definición: Cantidad de residuos generados a lo largo del ciclo de vida, incluidos los RAEE (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos), así como de residuos generados en relación con la extracción de materias primas que finalmente tendrán que ser procesados 	<p>Consumo de energía primaria</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de indicador: Indicador de flujo • Unidad: MJ • Definición: La energía primaria es la primera forma de energía directamente disponible en la naturaleza antes de cualquier transformación: madera, carbón, gas natural, petróleo, viento, radiación solar, energía hidráulica o geotérmica, etc.
<p>Consumo de energía final</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de indicador: Indicador de flujo • Unidad: MJ • Definición: Se refiere a la energía utilizada directamente por el usuario final en forma de electricidad o combustible 	<p>Materias primas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de indicador: Indicador de consumo de recursos • Unidad: kg • Método de evaluación: AMUS - Aporte de materiales por unidad de servicio • Definición: El indicador AMUS calcula los recursos utilizados para producir una unidad de producto o servicio utilizando un enfoque de análisis del ciclo de vida (Schmidt- Bleek, 1994). Se consideran cinco tipos de recursos: recursos abióticos (materiales, energía fósil, etc.), biomasa, movimiento mecánico o erosivo de la tierra, agua y aire (Ritthoff et al., 2002). Estos consumos se suman simplemente, lo que da un indicador de consumo de recursos (materias primas extraídas y materias primas energéticas)

3.1.4.5.2 — Normalización y ponderación

Los resultados numéricos de los indicadores también pueden ordenarse, normalizarse, agruparse y ponderarse. Este enfoque facilita la interpretación, pero no

hay consenso científico en cuanto a cómo realizar una evaluación de manera fiable.

En nuestro estudio utilizamos los factores de normalización y ponderación proporcionados por el CCI en el método HAP/HAO (EF 3.0), publicado el 20 de noviembre de 2019, como se informa en la tabla siguiente.

Tabla 14 - Factores de normalización propuestos por el CCI

Categoría de impacto	Factor de normalización	Unidad
Cambio climático	8.10E+03	kg CO ₂ eq./persona
Reducción de la capa de ozono	5.36E-02	kg CFC-11 eq./persona
Partículas en suspensión	5.95E-04	incidencia de enfermedades/persona
Acidificación	5.56E+01	mol H ⁺ eq./persona
Eutrofización, agua dulce	1.61E+00	kg P eq./persona
Eutrofización, agua marina	1.95E+01	kg N eq./persona
Eutrofización, terrestre	1.77E+02	mol N eq./persona
Radiación ionizante, salud humana	4.22E+03	kBq U-235 eq./persona
Formación de ozono fotoquímico, salud humana	4.06E+01	kg COVDM eq./persona
Toxicidad humana, excepto cáncer	2.30E-04	CTUh/persona
Uso del suelo	8.19E+05	pt/persona
Uso de recursos, fósiles	6.50E+04	MJ/persona
Uso de recursos, minerales y metales	6.36E-02	kg Sb eq./persona
Uso del agua	1.15E+04	m ³ agua eq por persona privada de agua
Ecotoxicidad, agua dulce	4.27E+04	CTUe/persona
Toxicidad humana, cáncer	1.69E-05	CTUh/persona

Tabla 15 - Factores de ponderación propuestos por el CCI

Categoría de impacto	Factor de ponderación (%)
Cambio climático	21.06
Reducción de la capa de ozono	6.31
Partículas en suspensión	8.96
Acidificación	6.20
Eutrofización, agua dulce	2.80
Eutrofización, agua marina	2.96
Eutrofización, terrestre	3.71
Radiación ionizante, salud humana	5.01
Formación de ozono fotoquímico, salud humana	4.78
Toxicidad humana, excepto cáncer	1.84
Uso del suelo	7.94
Uso de recursos, fósiles	8.32
Uso de recursos, minerales y metales	7.55
Uso del agua	8.51
Ecotoxicidad, agua dulce	2.8
Toxicidad humana, cáncer	2.13

3.1.4.6 —Tipos y origen de los datos

Un cálculo de ACV requiere dos tipos de informaciones distintos:

➤ Datos relacionados con las **características físicas** del sistema considerado (como el número de smartphones utilizados en Europa y la cantidad de electricidad consumida por los teléfonos inteligentes. Para este proyecto los datos proceden de una estadística y una referencia interna.

➤ Datos relacionados con los **impactos del ciclo de vida** de los equipos informáticos o con los flujos de energía que entran en el sistema considerado. Estos datos proceden de las bases de datos disponibles en el software EIME gracias al proyecto NegaOctet.

Datos relacionados con las características físicas

La diversidad de los recursos cubiertos permitió una cobertura amplia y precisa de los impactos ambientales de las tecnologías e infraestructuras digitales, cubriendo uno de estos 10 sectores: TIC (transversal), TIC (equipos), RAEE, prácticas digitales, componentes, medios de comunicación/entretenimiento, AEE, TIC (centros de datos), TIC (redes), IdC.

Nuestros recursos bibliográficos, recopilados y actualizados a lo largo de la fase de recogida de datos de nuestro estudio, nos han permitido reunir un inventario actualizado de 2019-2020 que describe los impactos ambientales de los servicios digitales en Europa.

Estos recursos bibliográficos fueron la base de nuestro trabajo para realizar el ACV y los estudios de caso.

Datos relacionados con los impactos del ciclo de vida

Los datos relacionados con los impactos del ciclo de vida de los equipos informáticos están clasificados en las siguientes categorías:

Datos primarios (también denominados “datos específicos del emplazamiento”): datos obtenidos de la planta de fabricación real en la que se llevan a cabo los procesos específicos del producto y datos de otras partes del ciclo de vida que se remontan al sistema del producto específico que se está estudiando, por ejemplo, los materiales o la electricidad suministrados por un proveedor contratado que puede proporcionar datos sobre los servicios reales prestados, el transporte que tiene lugar en función del consumo real de combustible y las emisiones relacionadas, etc.

26
27

NegaOctet <https://negaoctet.org/>

LCIE Bureau Veritas, Departamento CODDE <https://codde.fr/en/our-services/software-tools>

Datos secundarios divididos en:

➤ **datos secundarios seleccionados**: datos procedentes de fuentes de datos comúnmente disponibles que cumplen con las características de calidad de datos prescritas sobre exactitud, integridad y representatividad,

➤ **datos indirectos**: datos procedentes de fuentes de datos comúnmente disponibles (que no cumplen todas las características de calidad de los datos de la categoría “datos secundarios seleccionados”).

En línea con los objetivos y las limitaciones del sistema, no se ha privilegiado ningún dato específico. La mayoría de los datos proceden de las bases de datos disponibles en el software EIME (datos secundarios seleccionados): bases de datos NegaOctet²⁶ y CODDE²⁷

3.1.4.7 —Requisitos de calidad de los datos

En línea con los objetivos y las limitaciones del sistema, los requisitos de calidad de los datos obtenidos se ajustan a las normas descritas a continuación:

➤ **Representatividad tecnológica**: tecnologías propias de entre 2015 y 2020.

➤ **Representatividad geográfica**: datos específicos correspondientes a los equipos relacionados con los servicios digitales ubicados en la Unión Europea (28 Estados miembros) durante su uso, teniendo en cuenta que algunas de las fases de su ciclo de vida, como la fabricación, pueden tener lugar en el extranjero (enfoque basado en el mercado). En caso de falta de datos, las hipótesis se justifican en la medida de lo posible

➤ **Representatividad temporal**: datos de 2019-2020. En caso de que los datos tuvieran más de 5 años de antigüedad (anteriores a 2015) estos fueron actualizados en base a hipótesis y justificados en la medida de lo posible.

➤ **Exhaustividad**: la aplicación de los criterios de corte es compleja teniendo en cuenta la cantidad de equipos y procesos. El estudio incluye todos los flujos identificados salvo que se indique lo contrario.

➤ **Incertidumbre de los parámetros**: para la mayor parte de los datos sólo se disponía de una fuente, lo que supone un alto grado de incertidumbre. En la medida de lo posible, los datos se cotejaron con fuentes adicionales.

➤ **Adecuación y coherencia metodológica**: metodología utilizada: ISO 14040-44. Aplicación coherente de la metodología de obtención de datos para todos los componentes estudiados.



3.1.4.8 —Herramienta de modelización del ACV

Para cada dispositivo, la versión 5.9.1 del EIME tiene en cuenta el flujo de recursos materiales y energéticos del medio hacia el sistema técnico y las emisiones del sistema técnico hacia el aire, el suelo y el agua. software y base de datos. EIME cumple con el manual del ILCD (nivel de entrada-I).

La evaluación del conjunto de los servicios digitales europeos durante un año se ha realizado recopilando todos los datos de los equipos en una herramienta Excel.

3.1.4.9 —Consideraciones de la revisión crítica

La revisión crítica es un procedimiento destinado a certificar que el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) cumple con las normas internacionales y suplementos nacionales para cumplir con los objetivos del estudio. Se lleva a cabo principalmente cuando los resultados han de ser comunicados al público o cuando se trata de declaraciones comparativas. Su finalidad es limitar los riesgos en términos de:

- Incongruencias entre el objetivo, la obtención de datos y los resultados del estudio
- Comunicación de conclusiones no fundamentadas.

En nuestro contexto, la revisión crítica también tiene como finalidad:

- Identificar los elementos importantes y las limitaciones del estudio para establecer que no está distorsionado y su comunicación no está sesgada.
- Garantizar la relevancia y fiabilidad de la información facilitada.

La revisión crítica del estudio realizado para los Verdes/ALE para validar los supuestos, los datos y los procedimientos utilizados para llevar a cabo el estudio, es llevada a cabo por:

- Ana Belen MORAL BALANDIN, Consultora de sostenibilidad en Quantis
- Sebastien HUMBERT, Cofundador, Director Científico y Consultor de sostenibilidad en Quantis,

La revisión crítica se llevó a cabo de manera continuada y a lo largo de varias etapas:

- Revisión 1 del alcance del estudio y de las principales hipótesis - abril de 2021
- Revisión 2 del inventario del ciclo de vida e hipótesis - julio de 2021

28 2012. Étude Sur La Durée De Vie Des Équipements Électriques Et Électroniques - Rapport Final. [en línea] ADEME. Disponible en: <https://librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/3516-etude-sur-la-duree-de-vie-des-equipements-electriques-et-electroniques.html> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

- Revisión 3 de los resultados, interpretación e informe final - agosto/septiembre de 2021

Esta revisión incluye:

- la metodología,
- el informe preliminar,
- el análisis del ciclo de vida,
- análisis de resultados y sensibilidad,
- el informe final.

El informe de la revisión crítica puede solicitarse a los autores en info@greenit.fr

3.1.5 —Gestión de datos perdidos

3.1.5.1 —Enfoque genérico

En caso de que falten datos o haya dificultades para elegir entre determinadas fuentes de datos (una vez evaluada la pertinencia de la fuente), el enfoque metodológico elegido es el de atribuir la hipótesis más negativa: penalizar los datos. De hecho, debido a la naturaleza iterativa del análisis del ciclo de vida, este enfoque permite identificar si los datos son sensibles o no y, si es necesario, realizar un análisis de incertidumbre.

3.1.5.2 —Tiempo de vida

Actualmente, no existe una definición armonizada del concepto de tiempo de vida²⁸. Esta noción se entiende e interpreta de forma diferente en función de los actores implicados (fabricantes, usuarios, operadores de tratamiento al final del tiempo de vida). Por lo tanto, se pueden proponer 4 conceptos diferentes:

- **Vida útil normativa:** la vida útil media medida en condiciones de ensayo específicas, definidas en normas establecidas por organizaciones como AFNOR, CENELEC o IEC, por ejemplo, o, en su defecto, por ensayos no normalizados cuya metodología es explícita, transparente y reconocida.
- **Vida útil:** periodo durante el cual el producto es utilizado, es decir, en estado de funcionamiento y listo para su uso, por un usuario determinado. Este concepto es específico del usuario/domicilio. La vida útil total es la suma de todas las vidas útiles.
- **Duración de la propiedad:** el tiempo transcurrido entre la fecha de entrada en el hogar (no siendo necesariamente nuevo) y la fecha de salida del hogar (estando o no en funcionamiento). También se incluye el

tiempo de almacenaje. Este concepto es específico del usuario/domicilio. También se incluyen posibles reparaciones. El periodo de propiedad total es igual a la suma de todos los periodos de propiedad. Este periodo corresponde al tiempo que transcurre entre la compra de un aparato nuevo y su paso a la condición de residuo, independientemente del estado del aparato (en funcionamiento o no). También se incluyen posibles reparaciones y reutilizaciones. Por tanto, la duración total de la propiedad es mayor o igual que la duración total del uso, debido al posible almacenamiento de los aparatos en los domicilios.

🟢 **Tiempo de existencia:** es el tiempo transcurrido entre el final de la fabricación del producto y su vertido, recuperación o reciclaje. Se diferencia del periodo de propiedad total en que incluye la posible reutilización de un producto una vez convertido en residuo, así como el tiempo que transcurre entre el final de la fabricación y la nueva compra.

Por lo tanto, lo ideal es que los equipos se caractericen en función de su vida útil. Sin embargo, la falta de transparencia de las fuentes en cuanto a la metodología utilizada para definir la vida útil, no nos permite identificar dicha vida útil para cada equipo con precisión. De hecho, es extremadamente complejo conocer la proporción y la duración de las segundas vidas de los equipos.

3.1.5.3 —Residuos electrónicos

Es extremadamente difícil, cuando no imposible, obtener datos relacionados con el final de la vida útil de los dispositivos debido a la falta de trazabilidad de los residuos electrónicos.

Aunque existen algunos proyectos, como el de la Plataforma de Minería Urbana²⁹, que han sido financiados por la Unión Europea para representar con mayor precisión los flujos reales de los residuos electrónicos, estos proyectos están limitados tanto por el tiempo como por las altas incertidumbres. De hecho, estos proyectos adolecen en gran medida de la falta de datos armonizados entre los Estados miembros y sólo representan una pequeña parte de los flujos reales y en un momento concreto: los datos más recientes ofrecidos por el proyecto de la Plataforma de Minería Urbana en referencia a los flujos de residuos electrónicos son de 2015.

También se ha estudiado detenidamente el informe Global E-Waste Monitor 2020, que es interesante porque ofrece una visión global de los problemas de los residuos electrónicos, aunque no puede aportar respuestas a los flujos específicos de residuos electrónicos por dispositivo en la UE.

Ante la falta de datos sobre tasas de recogida y reciclaje de residuos electrónicos por aparato en la UE, el único escenario de fin de vida lo suficientemente preciso como para ser modelizado a nuestro nivel de conocimiento es un escenario teórico en el que la Directiva RAEE de la UE es plenamente respetada por todos los Estados miembros.

Sobre esta base, se han considerado todos los residuos como si fueran gestionados conforme a la legalidad. Aunque esto puede llevar a una subestimación de los impactos al final de la vida útil, la única alternativa posible habría sido no considerar todos los flujos que se generan respetando los reglamentos.

La base de datos Ecosystems utilizada en este informe también describe algunas informaciones: “los datos han sido elaborados y difundidos para representar la gestión al final de la vida útil de los pares de flujos de materiales/RAEE estudiados en el marco del programa francés de recogida de RAEE, sin descartar que algunas operaciones posteriores a las de descontaminación y tratamiento de rango 1 se realicen en otros países europeos o en Asia. Esto implica la representación de una gestión nacional promedio para Francia. Sin embargo, los datos no se han generado para representar un contexto geográfico local específico, como la gestión de los RAEE recogidos en un departamento determinado (por ejemplo: Loira), en una comunidad determinada (por ejemplo, Mâcon), en los departamentos y territorios de ultramar, etc. Es probable que el contexto local difiera significativamente de la gestión media nacional”.

Teniendo en cuenta que los residuos electrónicos son un problema cada vez más complejo en relación con el impacto medioambiental de las TIC y para dar una visión más práctica y global del tema, se ha realizado un estudio de caso sobre **los residuos electrónicos y la economía circular**.

29 Urbanmineplatform.eu. 2015. Jaco Huisman, Pascal Leroy, François Tertre, Maria Ljunggren Söderman, Perrine Chancerel, Daniel Cassard, Amund N. Løvik, Patrick Wäger, Duncan Kushnir, Vera Susanne Rotter, Paul Mähltz, Lucía Herrerías, Johanna Emmerich, Anders Hallberg, Hina Habib, Michelle Wagner, Sarah Downes. Prospecting Secondary Raw Materials in the Urban Mine and mining wastes (ProSUM) - Informe Final, ISBN: 978-92-808-9060-0 (impreso), 978-92-808-9061-7 (electrónico), 21 de diciembre de 2017, Bruselas, Bélgica. (en español: “Prospección de materias primas secundarias en la minería urbana y los residuos mineros”) [en línea] Disponible en: <http://www.urbanmineplatform.eu/homepage> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

4. Conclusiones del estudio del ACV

En las tablas que incluyen porcentajes, el total puede no ser siempre igual al 100% debido al redondeo.

Los resultados del EICV son expresiones relativas y no predicen los impactos en los puntos finales de cada categoría, la superación de los umbrales, los márgenes de seguridad o los riesgos.

4.1 —Evaluación general

4.1.1 —Evaluación general para un año de servicios en Europa

4.1.1.1 —Resultados totales

Los resultados globales de las repercusiones medioambientales de un año de servicios digitales en Europa, UE-28, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 16 - Repercusiones generales de los servicios digitales de la UE-28 (impactos ambientales e indicadores de flujo)

Uso de recursos, minerales y metales - toneladas Sb eq.	5.760
Uso de recursos, fósiles - PJ	3.960
Acidificación - mol H+ eq. (en miles de millones)	1,19
Ecotoxicidad, agua dulce - CTUe	3.090
Cambio climático - Mt de CO ₂ eq.	185
Radiación ionizante, salud humana - GBq U235 eq.	278
Partículas en suspensión - Aparición de enfermedades	8.000
Formación de ozono fotoquímico - salud humana - toneladas COVDM eq.	464.000
Materias primas - Mt	571
Generación de residuos - Mt	116
Consumo de energía primaria - PJ	4,230
Consumo de energía final (utilización) - PJ	1,020

En concreto, el cambio climático es de 185 Mt CO₂ eq.

Para proporcionar elementos de comparación con los valores comunes, algunos impactos pueden expresarse mediante equivalentes comprensibles:

 El uso de recursos, minerales y metales equivale a 111t de oro en términos de rareza, y 571 Mt de materiales desplazados, equivalentes al peso de 9.200 millones de personas (con una media de 62 kg). Esto significa que cada año, los materiales desplazados en relación con los servicios digitales de la UE-28 equivalen aproximadamente al peso de todos los seres humanos.

 El impacto del cambio climático es similar al de 370.000 viajes de ida y vuelta de 500 pasajeros de avión entre París y Nueva York, o unos 63 años de la conexión existente (16 aviones diarios)

 La generación de residuos es equivalente al peso de 1.870 millones de personas (con una media de 62 kg).

 El consumo de electricidad equivale a 32.344.000 calentadores (1.000W) encendidos sin parar durante un año.

Además, a escala de la UE-28:

 El consumo total de electricidad de los servicios digitales en Europa es de 283 TWh de un total de 3.054 TWh³⁰, lo que significa que el consumo de electricidad de los servicios digitales durante la fase de uso representa el 9,3% del consumo europeo de electricidad.

 Las emisiones totales de GEI de los servicios digitales en Europa son de 185 Mt de CO₂ eq. de un total de 4.378 Mt de CO₂ eq.,³¹ lo que significa que las emisiones de GEI de los servicios digitales representan el 4,2% de las emisiones europeas de GEI.

30 AIE. 2021. Estadísticas y datos - AIE. [en línea] Disponible en: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=EU28&fuel=Electricity%20and%20heat&indicator=TotElecCons> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

31 AIE. 2021. Estadísticas y datos - AIE. [en línea] Disponible en: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=EU28&fuel=Electricity%20and%20heat&indicator=TotElecCons> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Nota

Las comparaciones a escala de la UE-28 tienen como objetivo proporcionar una escala de impactos relacionados y no deben entenderse como resultados absolutos.

Los perímetros son diferentes: algunas emisiones relacionadas con los servicios digitales en la UE-28 se producen fuera de la UE-28 y se consideran parte del ámbito del estudio (fabricación de los dispositivos); mientras que el total de emisiones consideradas para la UE por la AIE son sólo las producidas dentro de las fronteras de la UE.

Para saber más sobre emisiones importadas: <https://www.idhsustainabletrade.com/news/hidden-CO2-emissions-europes-imported-responsibility/>

Así quedan los resultados normalizados:

Tabla 17 - Resultados normalizados

Habitantes del mundo	
Uso de recursos, minerales y metales	90.586.462
Uso de recursos, fósiles	60.890.581
Acidificación	21.502.337
Ecotoxicidad, agua dulce	72.343.598
Cambio climático	22.884.595
Radiación ionizante, salud humana	65.819.104
Partículas en suspensión	13.442.000
Formación de ozono fotoquímico - salud humana	11.440.400

4.1.2 — Resultados normalizados y ponderados

Para determinar la importancia relativa de cada impacto en relación con los demás, se han realizado los métodos de normalización y ponderación, basados en el método HA 3.0

Solo se estudiarán las repercusiones directas. Los demás indicadores (materias primas, producción de residuos, consumo de energía primaria y consumo de energía final) no aparecen.

4.1.2.1—Normalización

El primer paso es la normalización a fin de cuantificar cada impacto en términos de población mundial equivalente. Por ejemplo, un valor de 50 para el indicador de cambio climático significa que el impacto del cambio climático es igual a las emisiones anuales de 50 habitantes promedio del mundo.

Los resultados normalizados permiten entender la magnitud de las repercusiones de los servicios digitales en cada categoría de impacto. Cuanto más alto sea el número, más contribuyen los servicios digitales europeos al problema global relacionado con cada categoría.

4.1.2.2—Ponderación

Por último se ponderan los resultados normalizados, lo que significa que su importancia relativa se determina a partir de una metodología desarrollada por el CCI³², basada en encuestas públicas y de expertos, así como en opiniones de expertos basadas en la evidencia³³

Para esta sección se han evaluado todos los indicadores de impacto, ya que los resultados ponderados se utilizan para distinguir los impactos significativos de los insignificantes (véase el capítulo Selección, clasificación y caracterización de las repercusiones). Los resultados son los siguientes:

Tabla 18 - Resultados normalizados

	NIVEL 1 Equipos de usuario final	NIVEL 2 Red	NIVEL 3 Centros de datos	Total	Total excluyendo las categorías de impacto relacionadas con la toxicidad
Uso de recursos, minerales y metales	20.4%	1.4%	1.2%	22.9%	24.2%
Uso de recursos, fósiles	10.5%	2.4%	4.1%	17.0%	17.9%
Acidificación	2.9%	0.5%	1.0%	4.5%	4.7%
Ecotoxicidad, agua dulce	3.2%	0.5%	1.0%	4.7%	N/A
Toxicidad humana, cáncer	0.2%	0.0%	0.0%	0.2%	N/A
Toxicidad humana, excepto cáncer	0.3%	0.0%	0.1%	0.5%	N/A
Eutrofización, agua dulce	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Eutrofización, agua marina	0.6%	0.1%	0.2%	0.8%	0.9%
Eutrofización, terrestre	0.8%	0.2%	0.3%	1.3%	1.3%
Cambio climático	10.6%	1.9%	3.6%	16.2%	17.1%
Radiación ionizante, salud humana	7.2%	1.6%	2.2%	11.1%	11.7%
Reducción de la capa de ozono	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%
Partículas en suspensión	2.6%	0.5%	0.9%	4.0%	4.3%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana	1.2%	0.2%	0.4%	1.8%	1.9%

32 Centro Común de Investigación <https://ec.europa.eu/jrc/en>

33 Para más detalles, 2018. Development of a weighting approach for the Environmental Footprint.. [en línea] CCI. Disponible en: https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/documents/2018_JRC_Weighting_EF.pdf [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

De acuerdo con la guía RCHAP v.6.3³⁴: “Las categorías de impacto más relevantes se identificarán como todas las categorías de impacto que contribuyen acumulativamente al menos al 80% del impacto medioambiental total (excluyendo las categorías de impacto relacionadas con la toxicidad). Hay que empezar desde las contribuciones más grandes acabando en las más pequeñas”.

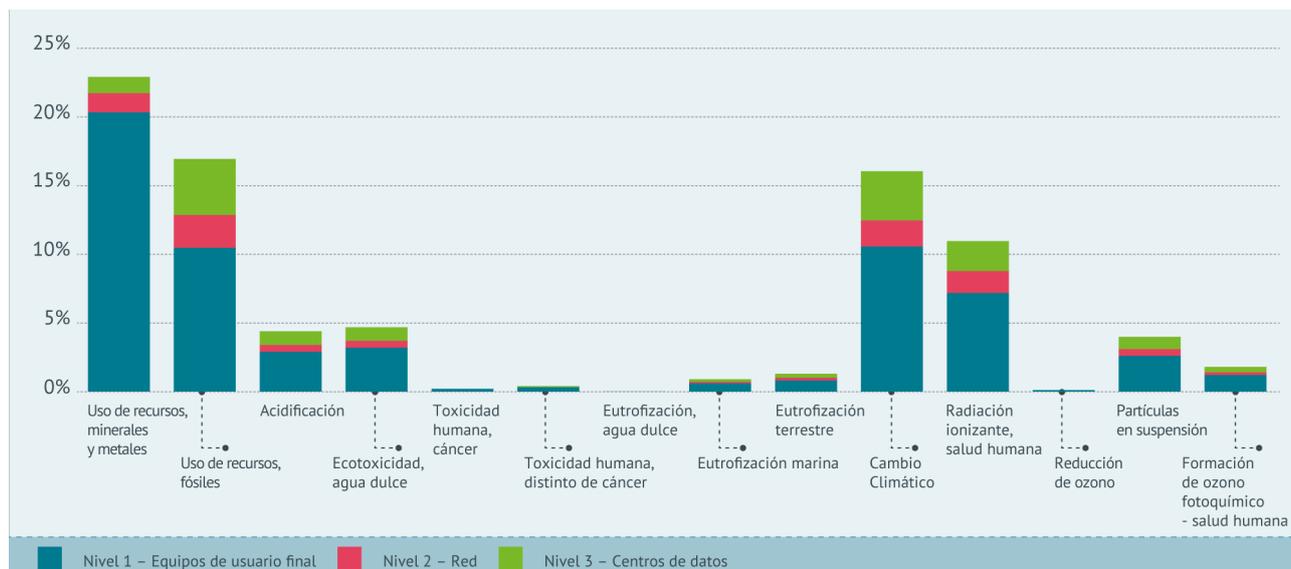
Los impactos más importantes que representan el 80% son, por orden:

- Uso de recursos, minerales y metales
- Uso de recursos, fósiles
- Cambio climático
- Radiación ionizante, salud humana
- Acidificación
- Partículas en suspensión
- Formación de ozono fotoquímico - salud humana

Se ha vuelto a añadir el indicador “Ecotoxicidad, agua dulce”, a pesar de la incertidumbre relacionada con él, a fin de proporcionar información sobre un importante problema medioambiental relacionado con los servicios digitales. De hecho, los equipos electrónicos requieren recursos que tienen un importante impacto tóxico sobre el medio ambiente y la vida humana. Por ejemplo, la extracción de litio para baterías o la gestión ilegal de residuos. Si bien este indicador sigue teniendo un alto nivel de incertidumbre, este problema se deberá abordar con mayor precisión en futuras actualizaciones.

Los demás indicadores se consideran insignificantes y no representan un aspecto medioambiental significativo para los servicios digitales.

Figura 1 - Distribución de impacto normalizada y ponderada a lo largo de los 3 niveles



34 2017. Documento de orientación sobre las RCHAP, - Recomendación sobre las reglas de categoría de huella ambiental de los productos (RCHAP), versión 6.3. [en línea] Comisión Europea. Disponible en: https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR_guidance_v6.3.pdf [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

4.1.3 — Límites planetarios

Los impactos pueden compararse con los límites planetarios a fin de proporcionar una visión adicional de la importancia relativa de cada indicador.

El concepto de límites planetarios permite comparar los impactos ambientales con los límites planetarios, creando un marco que facilita estimar en qué medida las actividades humanas respetan o superan el espacio operativo seguro para la humanidad.

Los límites planetarios no son un método totalmente integrado en los enfoques del ACV, y todavía se están generando debates a nivel científico. No obstante, el Centro Común de Investigación ha proporcionado factores que vinculan los resultados del ACV y los límites planetarios³⁵. Estos factores se utilizan en este capítulo y se adaptan para considerar el presupuesto a nivel de la UE-28 (ratio basado en el número de habitantes).

Tabla 19 - Resultados de los límites planetarios

	Límites UE-28 por indicador	Porcentaje de límites UE-28 por indicador
Uso de recursos, minerales y metales - kg Sb eq.	14.700.000	39.3%
Uso de recursos, fósiles- MJ	15.000.000.000.000	26.4%
Acidificación - kg mol H+ eq.	66.900.000.000	1.8%
Ecotoxicidad, agua dulce - CTUe	8.770.000.000.000	35.2%
Toxicidad humana, cáncer - CTUh	64.400	0.1%
Toxicidad humana, excepto cáncer - CTUh	274.000	0.6%
Eutrofización, agua dulce - kg P eq.	389.000.000	0.2%
Eutrofización, agua marina - kg N eq.	13.500.000.000	1.2%
Eutrofización, terrestre - mol N eq.	410.000.000.000	0.4%
Cambio climático - kg de CO ₂ eq.	456.000.000.000	40.7%
Radiación ionizante, salud humana- kBq U235 eq.	35.300.000.000.000	0.8%
Reducción de la capa de ozono - kg CFC-11 eq.	36.100.000	0.1%
Partículas en suspensión - aparición de enfermedades	34.500	23.2%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana- kg de COVDM eq.	27.200.000.000	1.7%

Los resultados deben entenderse como en el siguiente ejemplo: los impactos sobre el cambio climático causados por los servicios digitales de la UE-28 equivalen al 40,7% del presupuesto de los límites planetarios de la UE-28.

35 2019. Consumo y huella del consumidor: metodología y resultados - Indicadores y evaluación del impacto ambiental del consumo de la UE. [en línea] CCI. Disponible en: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fa4e68e9-1b69-11ea-8c1f-01aa75ed71a1/language-en> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

36 2019. Comunicado de prensa de Eurostat. La población de la UE supera los 513 millones de habitantes a 1 de enero de 2019. [en línea] Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/9967985/3-10072019-BP-EN.pdf/e152399b-cb9e-4a42-a155-c5de6dfe25d1> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Las categorías de impacto que presentan el mayor porcentaje de uso del presupuesto de los límites planetarios son, por orden:

- Cambio climático
- Uso de recursos, minerales y metales,
- Ecotoxicidad, agua dulce
- Uso de recursos, fósiles
- Partículas en suspensión

Con la excepción de la mayor importancia de la ecotoxicidad, los indicadores relevantes se aproximan al enfoque de normalización y ponderación.

4.1.4 — Impacto ambiental medio por habitante de Europa

En este capítulo se pretende dar una visión general de los impactos ambientales globales por habitante europeo.

La población total de la UE-28 se ha definido considerando una población de la UE-28 de 513.500.000 personas en 2019³⁶.

Las repercusiones por habitante de la UE son:

Tabla 20 - Repercusiones de los servicios digitales de la UE-28 por habitante (impactos ambientales e indicadores de flujo)

Uso de recursos, minerales y metales - toneladas Sb eq.	11,2
Uso de recursos, fósiles- MJ	7.710
Acidificación - mol H+ eq.	2
Ecotoxicidad, agua dulce - CTUe	6.010
Cambio climático - kg de CO ₂ eq.	361
Radiación ionizante, salud humana - kBq U235 eq.	541
Partículas en suspensión - Aparición de enfermedades	0,00156%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana - kg de COVNM eq.	0,91
Materias primas - kg	1,110
Generación de residuos - kg	225
Consumo de energía primaria - MJ	8,230
Consumo de energía final (utilización) - MJ	1,980

En concreto, el cambio climático es de 361 kg de CO₂ eq.

Para proporcionar elementos de comparación con los valores comunes, algunos impactos pueden expresarse mediante equivalentes comprensibles:

- El impacto del cambio climático es similar al de un viaje de ida y vuelta de un pasajero de avión entre París y Atenas.
- Uso de recursos, minerales y metales: 0,69 kg de estaño en términos de escasez, y 1.110 kg de materiales desplazados, equivalentes al peso de 18 personas (con una media de 62 kg).
- Generación de residuos: 225 kg de residuos globales, equivalente al peso de 3,6 personas (con una media de 62 kg).
- Consumo de electricidad: 1 calentador (1.000W) encendido sin parar durante 23 días.

4.1.4.1 – Desglose de impactos por áreas de servicios digitales

En este capítulo se pretende ofrecer un primer nivel de distribución del impacto a lo largo de los tres niveles: dispositivos de usuario final, red y centros de datos.

Tabla 21 - Distribución de impacto a lo largo de los 3 niveles

	Nivel 1 Equipos de usuario final	Nivel 2 Redes	Nivel 3 Centros de datos
Uso de recursos, minerales y metales	88,80%	5,90%	5,30%
Uso de recursos, fósiles	62,00%	14,10%	23,90%
Acidificación	65,80%	12,10%	22,10%
Ecotoxicidad, agua dulce	69,40%	10,10%	20,50%
Cambio climático	65,50%	11,90%	22,50%
Radiación ionizante, salud humana	65,50%	14,40%	20,20%
Partículas en suspensión	64,00%	13,00%	22,90%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana	67,30%	11,40%	21,30%
Materias primas	66,70%	12,20%	21,20%
Generación de residuos	78,60%	8,60%	12,80%
Consumo de energía primaria	58,20%	15,60%	26,20%
Consumo de energía final (utilización)	53,80%	17,90%	28,20%

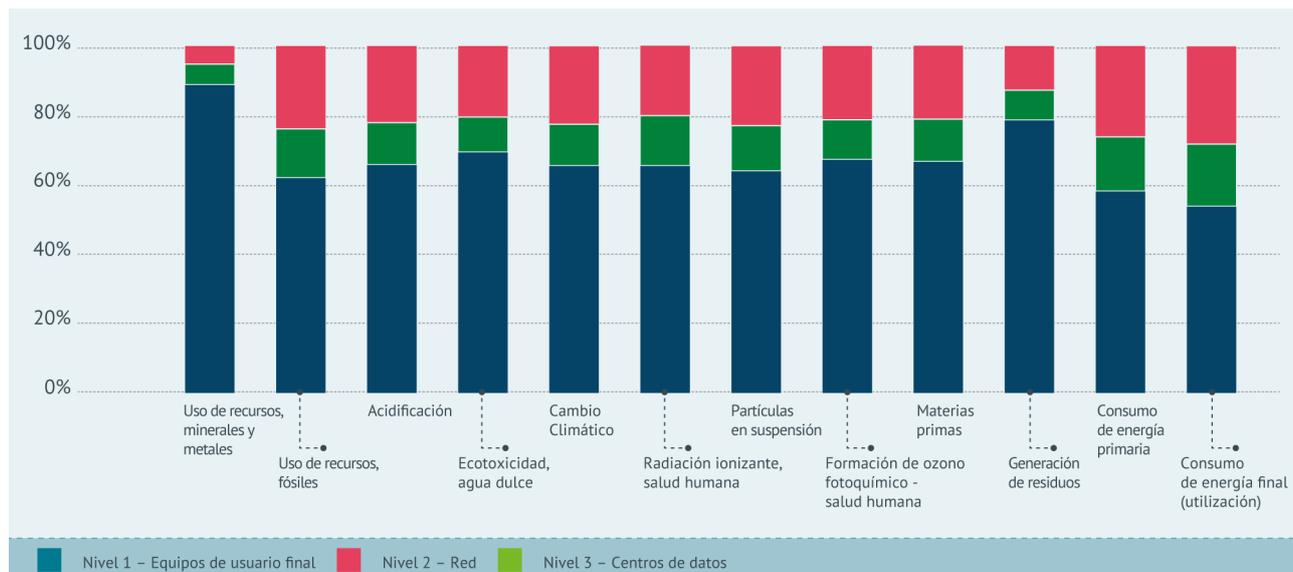
Se muestra que los dispositivos de los usuarios finales son responsables de la mayoría de los impactos para cada indicador (del 58% al 89%), seguidos por los centros de datos (del 5% al 29%) y la red (del 6% al 18%).

Los equipos de nivel 1, por un lado, y los de nivel 2 y 3 por otro, tienen perfiles de uso diferentes:

- Los equipos de nivel 1 tienen una baja intensidad de uso, la mayor parte del tiempo se encuentran en espera o apagados. Esto nos lleva a un perfil de impacto con un mayor énfasis en la fase de fabricación, y los impactos relacionados (uso de recursos, minerales y metales, producción de residuos).
- Los dispositivos de nivel 2 y 3 tienen un uso más intensivo. La mayoría de ellos están en uso todo el tiempo o durante una gran parte de su vida útil. Esto nos lleva a un perfil de impacto con un mayor énfasis en la fase de utilización y los impactos relacionados con esta.

En general, el nivel 1 contiene el mayor número de dispositivos, que aunque no se utilizan tanto como los de los niveles 2 y 3, representan la mayor parte de los impactos. Esto se ve incrementado por el importante esfuerzo realizado por los fabricantes y operadores para optimizar las redes y los centros de datos, por un lado, frente a la multiplicación de dispositivos en el lado del consumidor.

Figura 2 – Distribución de impacto a lo largo de los 3 niveles



4.1.4.2 – Desglose por ciclo de vida

En este capítulo se pretende ofrecer un primer nivel de distribución del impacto a lo largo de los tres niveles:

dispositivos de usuario final, red y centros de datos; y las fases del ciclo de vida: fabricación, distribución, uso y fin de vida.

Tabla 22 - Distribución de impacto a lo largo de las fases del ciclo de vida

	Uso de recursos, minerales y metales	Uso de recursos, fósiles	Acidificación	Ecotoxicidad, agua dulce	Cambio Climático	Radiación ionizante, salud humana	Partículas en suspensión	Formación de ozono fotoquímico - salud humana	Materias primas	Generación de residuos	Consumo de energía primaria	Consumo de energía final (utilización)
Nivel 1 - Fabricación	88.6%	23.2%	31.7%	30.7%	32.8%	33.5%	27.4%	34.0%	41.7%	69.0%	15.0%	0.0%
Nivel 1 - Distribución	0.0%	0.6%	1.8%	0.0%	1.0%	0.0%	1.5%	3.8%	0.1%	0.1%	0.6%	0.0%
Nivel 1 - Uso	0.1%	37.6%	31.0%	24.8%	31.0%	32.0%	34.3%	28.6%	24.2%	9.5%	42.2%	53.8%
Nivel 1 - Fin de la vida útil	0.1%	0.5%	1.3%	13.9%	0.8%	0.0%	0.9%	1.0%	0.7%	0.1%	0.5%	0.0%
Nivel 2 - Fabricación	5.9%	1.5%	1.6%	1.2%	1.5%	3.7%	1.5%	1.7%	4.1%	5.3%	1.5%	0.0%
Nivel 2 - Distribución	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Nivel 2 - Uso	0.0%	12.5%	10.3%	8.3%	10.3%	10.7%	11.4%	9.5%	8.1%	3.2%	14.1%	17.9%
Nivel 2 - Fin de la vida útil	0.0%	0.0%	0.1%	0.6%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%
Nivel 3 - Fabricación	5.3%	4.0%	5.6%	6.3%	5.9%	3.4%	4.7%	5.7%	8.3%	7.8%	4.1%	0.0%
Nivel 3 - Distribución	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.2%	0.0%	0.2%	0.5%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
Nivel 3 - Uso	0.0%	19.8%	16.3%	13.0%	16.4%	16.8%	18.0%	15.0%	12.7%	5.0%	22.1%	28.2%
Nivel 3 - Fin de la vida útil	0.0%	0.0%	0.1%	1.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
Total - Fabricación	99.8%	28.7%	38.9%	38.3%	40.1%	40.5%	33.5%	41.3%	54.1%	82.1%	20.5%	0.0%
Total - Distribución	0.0%	0.8%	2.0%	0.0%	1.2%	0.0%	1.8%	4.4%	0.2%	0.1%	0.7%	0.0%
Total - Uso	0.1%	69.9%	57.6%	46.0%	57.8%	59.4%	63.7%	53.1%	44.9%	17.7%	78.4%	100.0%
Total - Fin de la vida útil	0.1%	0.6%	1.5%	15.7%	0.9%	0.1%	1.0%	1.1%	0.9%	0.2%	0.6%	0.0%

Las fases de fabricación y uso parecen las más relevantes para los tres niveles. Los impactos de la fabricación representan la mayor parte del uso de recursos, minerales y metales y los impactos de las materias primas. Ambos impactos están relacionados con la extracción de materias primas, que se produce principalmente durante la fase de fabricación. La fase de uso es la de mayor repercusión del resto de los impactos, ya que el consumo de electricidad de los dispositivos relacionados con las TIC es significativo, y la combinación de electricidad de la UE-28 sigue teniendo una fuerte base fósil (36% de la producción).

En cuanto a la fabricación, los impactos relacionados con los equipos son importantes por dos razones principales:

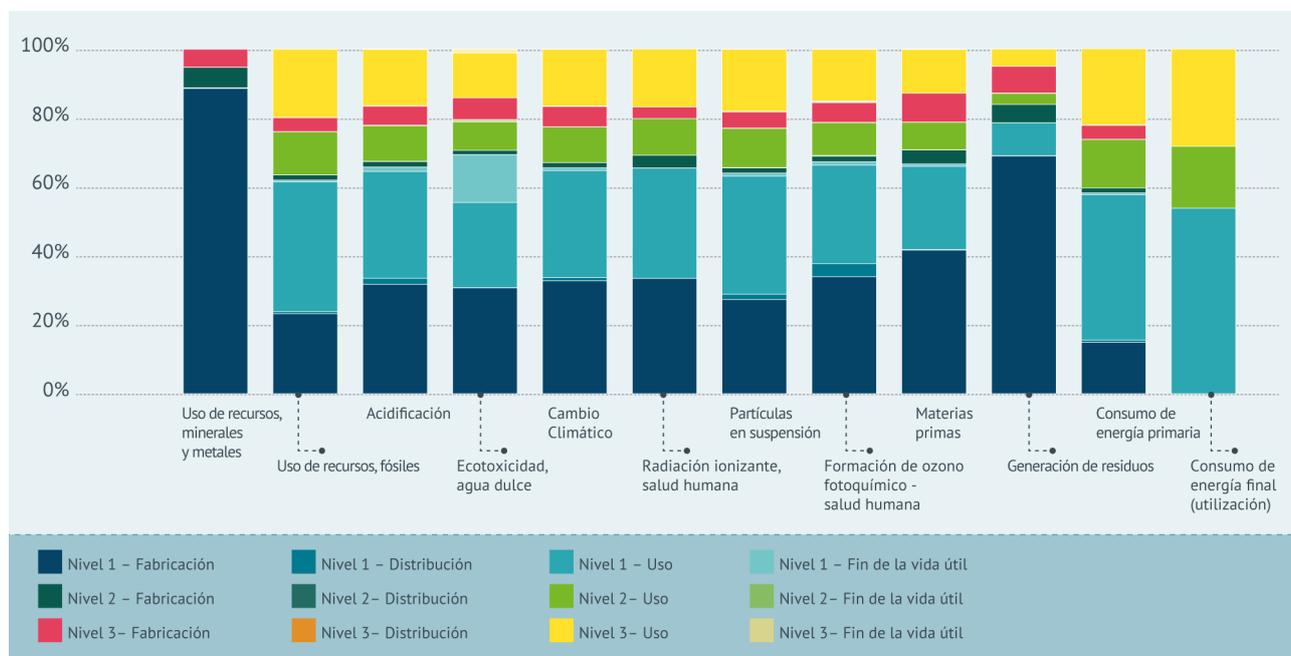
- Los equipos de las TIC, y más concretamente los circuitos integrados, consumen mucha energía. Esta energía se produce principalmente en los países con un mix eléctrico basado en combustibles fósiles (Asia). Lo que genera un alto impacto en la mayoría de los indicadores.
- Los equipos informáticos utilizan una gran cantidad y variedad de materiales raros (oro, plata, cobre, tierras raras, etc.). Dichos materiales también requieren un importante consumo de recursos y energía y generan muchos residuos (sobre todo residuos minerales). Lo que explica los elevados impactos en el uso de recursos y generación de residuos.

La distribución y el final de la vida tienen un impacto menor, pero no insignificante (del 0% al 16% entre todos los niveles). El mayor impacto proviene de la ecotoxicidad, relacionada con los procesos de fin de vida al liberarse sustancias contaminantes en la naturaleza.

Se puede observar que cuando el transporte se realiza por avión (teléfonos inteligentes, tabletas), los impactos de la distribución son mayores.

También se puede observar que los impactos de la producción de residuos parecen insignificantes respecto al final de la vida útil. Esto se debe a que se produce una mayor cantidad de residuos durante la fabricación y el uso (por ejemplo, un ordenador de 3,7 kg genera 225 kg de residuos durante su fabricación y 53 kg durante su uso) que al final de su vida útil (donde una gran parte se recicla). Este dato también se explica por la suposición realizada al modelar el final de la vida útil, que se basa, como recordatorio, en un hipotético cumplimiento del 100% de la Directiva RAEE de la UE por parte de todos los Estados miembros, lo que implica que el final de la vida útil modelado en este estudio considera que todos los residuos se generan respetando la legalidad³⁷.

Figura 3 - Distribución de impacto a lo largo de las fases del ciclo de vida



37 Eur-lex.europa.eu. 2020. Legislación de la UE sobre gestión de residuos [en línea] Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:ev0010&from=FR> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

4.2 — Enfoque específico por cada área de servicio digital

En los siguientes capítulos se pretende profundizar en la causa de los impactos relacionados con los servicios digitales en Europa. Cada nivel -equipo de usuario final, red y centros de datos- se evalúa individualmente.

4.2.1 — NIVEL 1 - Equipos de usuario final

4.2.1.1 — Análisis de contribución

Los equipos de usuario final engloban una gran variedad de dispositivos con diferentes repercusiones medioambientales y cantidades. En este capítulo se detallan los resultados para reseñar qué dispositivos son responsables de la mayoría de los impactos.

Tabla 23 - Distribución de impacto detallada - Enfocada a los dispositivos de usuario final

	Uso de recursos, minerales y metales	Uso de recursos, fósiles	Acidificación	Ecotoxicidad, agua dulce	Cambio climático	Radiación ionizante, salud humana	Partículas en suspensión	Formación de ozono fotoquímico - salud humana	Materias primas	Generación de residuos	Consumo de energía primaria	Consumo de energía final (utilización)
Ordenadores portátiles	14.3%	6.5%	8.5%	10.2%	8.7%	4.7%	7.6%	9.0%	3.5%	4.2%	3.7%	3.0%
Tabletas	4.0%	2.5%	3.3%	3.6%	3.4%	1.2%	2.9%	3.9%	3.5%	7.9%	2.5%	1.1%
Teléfonos inteligentes	9.7%	5.8%	8.3%	9.0%	9.0%	1.4%	7.1%	9.6%	1.3%	1.9%	1.2%	0.7%
Teléfonos móviles básicos	1.0%	0.1%	0.2%	0.2%	0.2%	0.0%	0.2%	0.2%	0.3%	1.0%	0.1%	0.0%
Ordenadores de sobremesa	10.0%	6.1%	6.3%	8.50 %	6.1%	9.5%	6.1%	6.2%	9.7%	10.7%	6.4%	4.6%
Monitores	1.8%	1.2%	1.1%	1.0%	1.1%	1.3%	1.2%	1.1%	1.0%	1.0%	1.2%	1.3%
Televisores	19.8%	13.2%	11.9%	10.3%	11.7%	13.3%	12.4%	11.8%	14.9%	21.5%	14.3%	14.3%
Proyectores	0.2%	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%	0.6%	0.4%	0.3%	0.3%	0.2%	0.4%	0.5%
Decodificador de TV	7.3%	4.7%	4.6%	4.5%	4.5%	8.5%	4.7%	4.3%	6.6%	7.1%	5.1%	5.4%
Teléfonos fijos	0.8%	1.6%	1.5%	1.3%	1.4%	1.7%	1.6%	1.4%	1.9%	1.4%	1.8%	2.0%
Consolas de videojuegos de sobremesa	6.6%	2.1%	2.4%	2.8%	2.3%	5.7%	2.3%	2.3%	3.9%	5.4%	2.2%	1.8%
Consolas de videojuegos portátiles	0.5%	0.4%	0.5%	0.6%	0.6%	0.5%	0.4%	0.5%	0.6%	0.6%	0.4%	0.1%
Altavoces conectados	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.4%	0.4%	0.3%	0.3%
Disco duro externo	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%
SSD externo	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%
Memorias USB y Micro SD	0.3%	0.3%	0.5%	0.5%	0.6%	0.1%	0.4%	0.5%	0.6%	0.4%	0.3%	0.0%
Impresoras	3.8%	4.5%	4.5%	5.5%	4.1%	4.0%	4.6%	4.7%	4.9%	4.4%	4.7%	4.1%
Otras pantallas	4.7%	4.1%	3.6%	3.0%	3.6%	4.0%	3.9%	3.5%	4.1%	5.3%	4.5%	4.8%
Estaciones de carga	1.7%	0.1%	0.2%	0.4%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.7%	0.6%	0.1%	0.0%
IdC	1.6%	8.1%	7.5%	7.4%	7.4%	8.3%	7.9%	7.3%	8.2%	4.5%	8.9%	9.8%

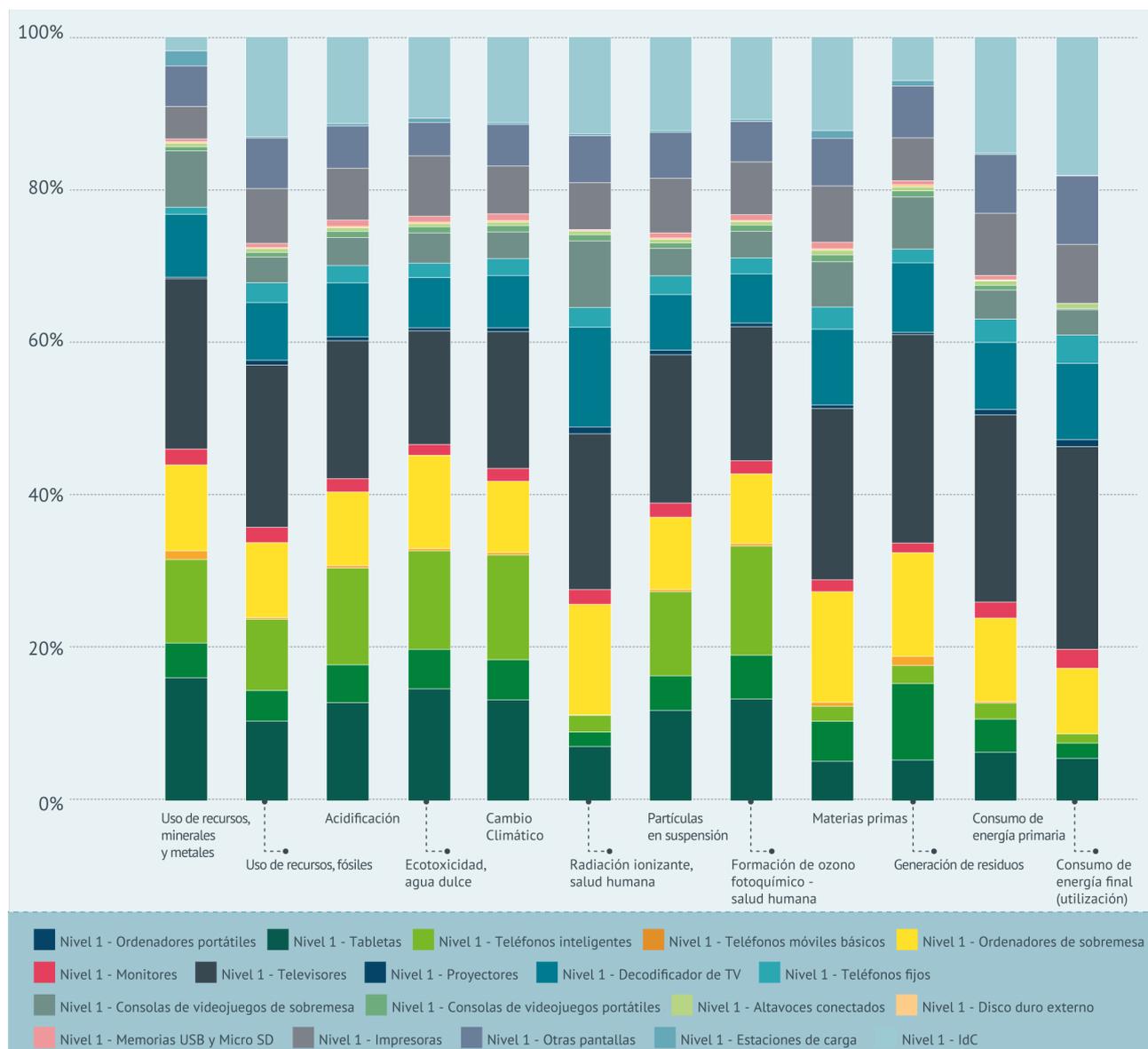
A través de todos estos indicadores se comprueba que, aunque la mayoría de los impactos no son atribuibles a un solo aparato o a un número reducido de ellos, sí es posible seleccionar una pequeña lista de dispositivos que causan la mayor parte de los impactos:

- Tvs
- Ordenadores portátiles
- Tabletás
- Teléfonos inteligentes
- Ordenadores de sobremesa
- Decodificadores de TV
- Consolas de videojuegos de sobremesa
- Impresoras
- Otras pantallas
- IdC

Otros dispositivos causan un menor impacto, ya sea por su escaso número y/o por su bajo impacto individual.

En general, la multiplicación de dispositivos a nivel de consumidor para uso personal o de empresa, es causante de gran parte de los impactos. Acciones como la mutualización de los equipos, la prolongación de su vida útil y la reducción de su impacto ambiental individual son recursos importantes para reducir los impactos.

Figura 4 - Distribución de impacto detallada - Enfocada a los dispositivos de usuario final



4.2.1.2 —Enfoque en la fabricación, distribución y fin de vida de los equipos de los usuarios

adquisición y se desligan de las decisiones del usuario (a diferencia de la fase de uso, que está relacionada con el comportamiento del usuario durante el uso). Por lo tanto, resulta interesante separarlos.

La fabricación, distribución y fin de vida de los equipos de los usuarios son los impactos relacionados con la

Tabla 24 – Distribución de impacto detallada - Enfocada a los dispositivos de usuario final - Fases de fabricación, distribución y fin de vida.

	Uso de recursos, minerales y metales	Uso de recursos, fósiles	Acidificación	Ecotoxicidad, agua dulce	Cambio climático	Radiación ionizante, salud humana	Partículas en suspensión	Formación de ozono fotoquímico - salud humana	Materias primas	Generación de residuos	Consumo de energía primaria	Consumo de energía final (utilización)
Ordenadores portátiles	16.1%	17.9%	19.3%	19.7%	20.1%	8.6%	19.1%	19.0%	5.0%	5.3%	8.4%	0.0%
Tabletas	4.5%	7.2%	7.6%	6.9%	8.2%	1.8%	7.4%	8.5%	7.1%	11.1%	10.5%	0.0%
Teléfonos inteligentes	10.9%	21.9%	22.8%	19.4%	24.9%	3.1%	22.3%	23.9%	2.4%	2.5%	4.5%	0.0%
Teléfonos móviles básicos	1.1%	0.5%	0.6%	0.5%	0.6%	0.1%	0.6%	0.6%	0.8%	1.4%	0.7%	0.0%
Ordenadores de sobremesa	11.2%	11.7%	10.6%	14.2%	10.0%	20.1%	10.5%	9.6%	17.8%	14.2%	17.1%	0.0%
Monitores	2.1%	1.3%	1.1%	0.8%	1.0%	1.4%	1.1%	1.1%	1.0%	1.1%	1.0%	0.0%
Televisores	22.3%	13.1%	10.5%	8.4%	10.2%	14.5%	11.2%	10.9%	20.1%	27.4%	19.2%	0.0%
Proyectores	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.9%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.0%
Decodificador de TV	8.2%	3.8%	4.4%	4.6%	4.0%	16.0%	4.2%	3.8%	9.9%	9.0%	5.5%	0.0%
Teléfonos fijos	0.9%	0.9%	1.0%	0.9%	0.8%	1.4%	1.0%	0.9%	2.4%	1.5%	1.3%	0.0%
Consolas de videojuegos de sobremesa	7.4%	3.4%	4.0%	4.3%	3.7%	13.9%	4.0%	3.6%	7.4%	7.3%	5.1%	0.0%
Consolas de videojuegos portátiles	0.5%	1.3%	1.3%	1.1%	1.4%	1.4%	1.3%	1.2%	1.3%	0.9%	1.9%	0.0%
Altavoces conectados	0.5%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.4%	0.4%	0.3%	0.0%
Disco duro externo	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.3%	0.1%	0.0%
SSD externo	0.0%	0.3%	0.3%	0.2%	0.3%	0.0%	0.3%	0.3%	0.2%	0.1%	0.4%	0.0%
Memorias USB y Micro SD	0.4%	0.3%	0.5%	0.5%	0.6%	0.1%	0.4%	0.5%	0.6%	0.4%	0.3%	0.0%
Impresoras	4.3%	6.4%	6.0%	8.0%	5.0%	4.6%	6.5%	6.3%	7.2%	5.3%	9.3%	0.0%
Otras pantallas	5.3%	2.9%	2.4%	1.8%	2.2%	3.4%	2.6%	2.5%	4.6%	6.5%	4.2%	0.0%
Estaciones de carga	2.0%	0.4%	0.6%	0.8%	0.4%	0.5%	0.5%	0.5%	1.6%	0.8%	0.6%	0.0%
IdC	1.8%	5.2%	5.4%	6.5%	5.0%	7.5%	5.5%	5.4%	9.0%	4.0%	7.5%	0.0%

Los resultados son similares a los de las observaciones del capítulo 4.2.1.1., pero la importancia de los televisores se reduce en comparación con otros dispositivos. Esto se debe al elevado consumo de energía de los televisores en comparación con otros dispositivos, así como a la importancia de los componentes electrónicos de los dispositivos informáticos, principalmente los procesadores, la memoria RAM y las unidades SSD por efecto de la oblea de silicio.

En torno al 70% de los impactos están causados por cinco tipos de equipos:

- Ordenadores portátiles
- Tabletas
- Teléfonos inteligentes
- Ordenadores de sobremesa
- Televisores

Otra cuestión es que las pantallas LCD conllevan un mayor consumo eléctrico en fase de uso, por eso los dispositivos con una pantalla LCD grande (televisores, monitores, otras pantallas) tienen un impacto relativamente bajo cuando no se incluye la fase de uso.

El impacto del “consumo final de energía” (uso) es nulo, ya que sólo se refiere al consumo de electricidad en la fase de uso.

4.2.1.3 —Enfoque en la fase de uso de los equipos de los usuarios

La fase de uso consiste en el consumo de electricidad únicamente, ya que no se tienen en cuenta las posibles actualizaciones y reparaciones (por ejemplo, la sustitución del panel de la pantalla de los teléfonos inteligentes, la adición de nuevos componentes del escritorio o su sustitución, etc.).

La distribución del impacto en todos los indicadores es, por lo tanto, la misma.

Tabla 25 - Distribución de impacto detallada – Enfocada a los dispositivos de usuario final – Fase de uso

	Uso de recursos, minerales y metales	Uso de recursos, fósiles	Acidificación	Ecotoxicidad, agua dulce	Cambio climático	Radiación ionizante, salud humana	Partículas en suspensión	Formación de ozono fotoquímico - salud humana	Materias primas	Generación de residuos	Consumo de energía primaria	Consumo de energía final (utilización)	Consumo de energía total anual (TWh)
Ordenadores portátiles	5.6%	5.6%	5.6%	5.6%	5.6%	5.6%	5.6%	5.6%	5.6%	5.6%	5.6%	5.6%	8.46
Tabletas	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	3.03
Teléfonos inteligentes	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.85
Teléfonos móviles básicos	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.004
Ordenadores de sobremesa	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	13.1
Monitores	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	3.81
Televisores	26.5%	26.5%	26.5%	26.5%	26.5%	26.5%	26.5%	26.5%	26.5%	26.5%	26.5%	26.5%	40.4
Proyectores	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%	1.42
Decodificador de TV	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	15.2
Teléfonos fijos	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	3.7%	5.65
Consolas de videojuegos de sobremesa	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	5.03
Consolas de videojuegos portátiles	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.266
Altavoces conectados	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.982
Disco duro externo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0095
SSD externo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0007
Memorias USB y Micro SD	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.021
Impresoras	7.7%	7.7%	7.7%	7.7%	7.7%	7.7%	7.7%	7.7%	7.7%	7.7%	7.7%	7.7%	11.7
Otras pantallas	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%	13.7
Estaciones de carga	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0698
IdC	18.2%	18.2%	18.2%	18.2%	18.2%	18.2%	18.2%	18.2%	18.2%	18.2%	18.2%	18.2%	27.7

Los resultados son una imagen directa del consumo de electricidad de cada aparato. Este consumo para cada categoría se indica en la última columna a título informativo.

Los televisores tienen el mayor consumo de energía. Hay un gran número de unidades, así como un elevado consumo individual.

La segunda causa más importante de impactos es el IdC. Si bien los dispositivos individuales tienen un impacto menor, se trata de la categoría con más dispositivos, especialmente en lo que respecta a los controles de edificios comerciales (624.589.079 unidades estimadas) y los contadores inteligentes (223.067.528 unidades estimadas). De hecho, los controles de edificios comerciales y los contadores inteligentes representan en conjunto más del 56% de los dispositivos IdC y más de 12,1 TWh sobre los 27,7 TWh consumidos por los dispositivos IdC.

Para estos 2 tipos de dispositivos (los controles de los edificios comerciales y los contadores inteligentes están alimentados principalmente de forma continua por la red eléctrica), la hipótesis considerada por la AIE tiene en cuenta un modo de espera que no gasta menos energía que un modo activo. Esta configuración y los resultados asociados se alejan de la concepción de que los objetos conectados consumirían mayoritariamente muy poca electricidad en modo de espera para preservar su batería. Aunque aquí se habla de un consumo de 1,5 a 2 W por aparato (según la hipótesis de la AIE), el ya de por sí elevado número de aparatos tiene mucho peso en los impactos.

Hay que tener en cuenta que los dispositivos portátiles (móviles inteligentes, tabletas, ordenadores portátiles...) tienen un menor consumo de energía. La demanda de los clientes de una mayor autonomía está llevando a los fabricantes a centrarse en el consumo de electricidad. Esto puede observarse comparando las versiones portátil y fija de un dispositivo, como por ejemplo:

- Ordenador portátil (30.96 kWh/año) frente a ordenador de sobremesa (104.39 kWh/año)
- Consola portátil (5.15 kWh/año) frente a consola de sobremesa (55.88 kWh/año)
- Teléfono móvil básico (0.09 kWh/año) frente a teléfono fijo (17.57 kWh/año)

Nota: valores únicamente a título ilustrativo, el uso y el rendimiento pueden variar.

4.2.2 —NIVEL 2 - Redes

4.2.2.1 —Análisis de contribución

Las redes pueden dividirse en fijas (xDSL, FTTx) y móviles (2G, 3G, 4G, 5G). Aunque la separación entre las dos redes no es completa, ya que algunos dispositivos son compartidos³⁸, este capítulo presenta el impacto de ambos tipos de red por separado (véase la Tabla 26).

La red de telefonía fija tiene un mayor impacto ambiental que la red de telefonía móvil. Requiere una mayor cantidad de equipos (principalmente routers domésticos, cables de acceso de cobre y fibras ópticas), así como un mayor consumo de energía.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que la cantidad de datos transferidos y de usuarios tampoco es la misma. Los impactos se pueden achacar a:

- La cantidad de GB transferidos por cada red:
 - 64 EB (Exabyte = 10⁹ Gigabyte) para la red móvil.
 - 518 EB para la red fija.

El número de usuarios de cada red:

- 623.540.000 la red móvil.
- 195.969.905 usuarios de la red fija.

Nota

Estos números no son una escala, sólo representan una media de lo que sucede en una red completa a lo largo del tiempo. **Estas cifras no pueden utilizarse de ninguna manera para, por ejemplo, comprender el impacto medioambiental por cada GB.** Las repercusiones no son necesariamente proporcionales al número de usuarios o GB transferidos. Los resultados que se muestran a continuación sólo presentan una asignación de estas repercusiones para entender mejor la magnitud de los impactos causados por las redes.

Para conocer los resultados, véase la Tabla 27 (a continuación).

Tabla 26 - Distribución de impacto detallada - Enfocada a las redes

	Uso de recursos, minerales y metales	Uso de recursos, fósiles	Acidificación	Ecotoxicidad, agua dulce	Cambio climático	Radiación ionizante, salud humana	Partículas en suspensión	Formación de ozono fotoquímico - salud humana	Materias primas	Generación de residuos	Consumo de energía primaria	Consumo de energía final (utilización)
Red fija	84.1%	71.8%	72.2%	73.0%	72.2%	74.3%	71.9%	72.6%	75.1%	79.5%	71.6%	70.1%
Red móvil	15.9%	28.2%	27.8%	27.0%	27.8%	25.7%	28.1%	27.4%	24.9%	20.5%	28.4%	29.9%

Tabla 27 - Comparación de impactos por GB y usuario

		Uso de recursos, minerales y metales - mg Sb eq.	Uso de recursos, fósiles - MJ	Acidificación - mol H+ eq.	Ecotoxicidad, agua dulce - CTUe	Cambio climático - kg CO2 eq.	Radiación ionizante, salud humana - kBq U235 eq.	Partículas en suspensión - incidencia de enfermedades por 1.000 millones	Formación de ozono fotoquímico - salud humana - mg COVDM eq.	Materias primas - kg	Generación de residuos - kg	Consumo de energía primaria - MJ	Consumo de energía final (utilización) - MJ
Por GB de datos transferidos	Red fija	0.557	0.773	0.000202	0.439	0.0307	0.0572	1.45	74.5	0.101	0.0153	0.909	0.248
	Red móvil	0.851	2.460	0.000629	1.320	0.096	0.16	4.57	227	0,271	20.5%	28.4%	29.9%
Por usuario	Red fija	1,470	2,040	0.533	1,160	81.20	151	3,820	197,000	266	40.4	2,400	654
	Red móvil	87.3	252	0.0645	135	9.85	16.4	469	23,300	27.8	3.27	299	87.6

38

Las hipótesis de separación se presentan en el apéndice Datos utilizados en el modelo de ACV -Fabricación, distribución y fin de vida.

4.2.2.2 —Enfocado en la red móvil

Los impactos de la red móvil se distribuyen entre tres capas principales:

- Capa de acceso: enlaza los dispositivos del usuario final con la red
- Capa de agregación o distribución: enlaza la capa de acceso con la capa troncal
- Eje o capa troncal: permite transferir una gran cantidad de datos a gran velocidad en largas distancias

Para este estudio solo se han tenido en cuenta las fases de fabricación, distribución y fin de vida. Los datos obtenidos para la fase de consumo de electricidad en uso no pudieron diferenciarse entre datos de acceso, agregación o red troncal.

Para conocer los resultados, véase la Tabla 28 (a continuación).

La mayoría de los impactos son achacables a la capa de acceso, debido al número de estaciones base y al impacto individual. Como las antenas cubren la mayor parte del territorio, el número de estaciones base es importante. La agregación y la red troncal se mutualizan, otorgando una gran eficacia a los dispositivos.

4.2.2.3 —Enfoque en la red de telefonía fija

Los impactos de la red de telefonía fija pueden distribuirse a lo largo de tres capas principales:

- Capa de acceso: enlaza los dispositivos de los usuarios finales con la red
- Capa de agregación o distribución: enlaza la capa de acceso con la capa troncal
- Eje o capa troncal: permite transferir una gran cantidad de datos a gran velocidad en largas distancias

Para este estudio solo se han tenido en cuenta las fases de fabricación, distribución y fin de vida. Los datos obtenidos para la fase de consumo de electricidad en uso no pudieron diferenciarse entre datos de acceso, agregación o red troncal.

Para conocer los resultados, véase la Tabla 29 (a continuación).

La mayoría de los impactos son achacables a la capa de acceso, debido al número de módems disponibles. Esta función es importante debido a que cada usuario tiene un módem instalado en su edificio. La agregación y la red troncal se mutualizan, otorgando una gran eficacia a los dispositivos.

Tabla 28 - Distribución de los impactos de la red móvil - sin fase de uso

	Uso de recursos, minerales y metales	Uso de recursos, fósiles	Acidificación	Ecotoxicidad, agua dulce	Cambio climático	Radiación ionizante, salud humana	Partículas en suspensión	Formación de ozono fotoquímico - salud humana	Materias primas	Generación de residuos	Consumo de energía primaria
Acceso	83.5%	80.8%	89.2%	87.2%	86.9%	83.0%	86.0%	88.8%	88.4%	81.8%	80.1%
Agregación	9.6%	15.5%	6.6%	7.6%	8.1%	13.4%	10.1%	7.2%	6.9%	10.7%	16.3%
Eje	6.9%	3.6%	4.2%	5.2%	4.9%	3.6%	3.8%	4.0%	4.7%	7.5%	3.6%

Tabla 29 - Distribución de los impactos de la red fija - sin fase de uso

	Uso de recursos, minerales y metales	Uso de recursos, fósiles	Acidificación	Ecotoxicidad, agua dulce	Cambio climático	Radiación ionizante, salud humana	Partículas en suspensión	Formación de ozono fotoquímico - salud humana	Materias primas	Generación de residuos	Consumo de energía primaria
Acceso	76.3%	65.8%	81.1%	81.3%	78.8%	73.5%	74.5%	81.3%	83.2%	74.9%	65.0%
Agregación	13.2%	28.7%	11.9%	10.9%	13.6%	21.4%	19.3%	12.4%	9.6%	14.3%	29.7%
Eje	10.5%	5.5%	7.0%	7.8%	7.6%	5.1%	6.2%	6.3%	7.2%	10.9%	5.4%

4.2.3 —NIVEL 3 - Centros de datos

4.2.3.1 —Análisis de contribución — Por tipo de centro de datos

Los centros de datos se dividen en varios tipos: en la nube, tradicionales y de borde. Cada tipo requiere un número diferente de centros de datos con características específicas. Para conocer los resultados, véase la Tabla 30 (a continuación).

Por orden de importancia, los que acarreamen mayores impactos son los tradicionales, seguidos por los ubicados en la nube y los de borde.

Los centros de datos tradicionales siguen siendo los más comunes en la UE-28, a pesar del crecimiento de los centros de datos en la nube. Son los de mayor superficie, número de servidores y consumo de energía.

La demanda de centros de datos en la nube crece a medida que las soluciones basadas en la nube son cada vez más utilizadas por empresas y particulares. Sin embargo, suelen ser más eficientes que los centros de datos tradicionales (menor eficacia de uso de la energía -PUE por sus siglas en inglés).

Por último, los centros de datos de borde solo representaron una pequeña fracción del impacto en 2019, pero el desarrollo de la red 5G debería conducir a un aumento del número.

4.2.3.2 —Análisis de contribución — Por tipo de equipo y consumo

Los centros de datos se componen de diferentes tipos de equipos:

- Informática: servidores que proporcionan potencia de cálculo
- Almacenamiento: tanto SSD como HDD utilizados para almacenar datos
- Red: conmutadores y routers utilizados para dirigir los datos
- Equipos de arquitectura y soporte técnico

También implican distintos tipos de consumo de energía:

- Para la computación y el almacenamiento
- Para el equipo de soporte técnico
- Fugas de refrigerante procedentes de los sistemas de refrigeración.

Para conocer los resultados, véase la Tabla 31 (a continuación).

Tabla 30 - Distribución de impacto detallada - Enfocada en centros de datos por tipo

	Uso de recursos, minerales y metales	Uso de recursos, fósiles	Acidificación	Ecotoxicidad, agua dulce	Cambio climático	Radiación ionizante, salud humana	Partículas en suspensión	Formación de ozono fotoquímico - salud humana	Materias primas	Generación de residuos	Consumo de energía primaria	Consumo de energía final (utilización)
Nube	38.3%	37.3%	37.3%	37.3%	37.3%	37.3%	37.3%	37.3%	37.4%	37.8%	37.3%	37.2%
Tradicional	58.9%	59.9%	59.9%	59.9%	59.9%	59.9%	59.9%	59.9%	59.8%	59.4%	59.9%	60.0%
Borde	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%

Tabla 31 - Distribución de impacto detallada - Enfocada en tipos de equipo y consumo

	Uso de recursos, minerales y metales	Uso de recursos, fósiles	Acidificación	Ecotoxicidad, agua dulce	Cambio climático	Radiación ionizante, salud humana	Partículas en suspensión	Formación de ozono fotoquímico - salud humana	Materias primas	Generación de residuos	Consumo de energía primaria	Consumo de energía final (utilización)
Equipos informáticos	67.0%	12.8%	20.0%	25.1%	20.8%	9.4%	15.8%	20.8%	24.8%	34.1%	11.4%	0.0%
Equipos de almacenamiento	12.8%	2.1%	3.4%	3.8%	3.6%	0.5%	2.8%	3.5%	4.0%	7.5%	1.9%	0.0%
Equipos de redes	2.8%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.2%	0.4%	1.0%	0.1%	0.0%
Arquitectura y equipo de soporte técnico	16.7%	2.4%	3.0%	7.5%	2.5%	6.8%	2.8%	4.9%	10.9%	18.3%	2.1%	0.0%
Consumo de energía en programación, almacenamiento y red	0.4%	47.7%	42.5%	36.7%	41.7%	48.1%	45.3%	40.8%	34.6%	22.6%	48.8%	57.8%
Consumo energético para el equipo de soporte técnico	0.3%	34.8%	31.0%	26.8%	30.5%	35.1%	33.1%	29.8%	25.3%	16.5%	35.6%	42.2%
Fugas de refrigerante	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

En general, el consumo de energía representa la mayor parte de los impactos en la mayoría de los indicadores.

A medida que el PUE ha ido disminuyendo a lo largo de los años, gracias a unos centros de datos más eficientes desde el punto de vista energético, los impactos relacionados con el consumo de energía de los equipos de soporte técnico se están reduciendo.

En segundo lugar, la mayoría de los impactos son achacables a los equipos informáticos y de almacenamiento debido al número de estaciones base y a su impacto individual. Los equipos informáticos requieren mucha energía y materiales durante su fabricación.

En tercer lugar se encuentran la arquitectura y el equipo técnico de apoyo a los equipos informáticos. Aunque representan la gran mayoría del volumen de un centro de datos, tienen un impacto individual mucho menor, ya que son equipos mucho más sencillos. Su vida útil también es mayor que la de los equipos informáticos.

En cuarto lugar vienen los equipos de redes. Aunque el número de dispositivos es importante, los equipos de red tienen un impacto individual menor que los servidores o los equipos de almacenamiento de los centros de datos.

Los demás elementos son insignificantes.

5. Análisis de sensibilidad

5.1—Global

5.1.1 —Análisis de sensibilidad en redes y aparatos excluidos

Como se indica en la sección de Exclusiones, para algunas exclusiones (redes de TV/radio, RTPC, redes de empresa, electrónica de consumo), se realiza un análisis de sensibilidad que incluya su consumo de energía eléctrica.

Los consumos de electricidad asociados son los siguientes:

Tabla 32 – Análisis de sensibilidad en redes y aparatos excluidos - Datos de entrada

Exclusión	Consumo de electricidad (Twh)
Televisión por satélite y terrestre	1.8 ⁱ
RTPC (Red Telefónica Pública Conmutada)	6.5 ⁱⁱ
Redes de empresa	5 ⁱⁱ
Lectores de DVD	0.7 ⁱⁱⁱ
Pizarra interactiva	0.25 ^{iv}
Lectores de MP3	0.05 ^v
Equipo de audio doméstico	11.6 ^{vi}
Cajero automático	0.17 ^{vii}
Cajas registradoras y TPVs	2.35 ^{vii}
Máquinas expendedoras de billetes	0.04 ^{vii}
Puntos de acceso WLAN públicos	4.79 ^{vii}
TICs de peajes	0.03 ^{vii}
Cámaras de seguridad	6.53 ^{vii}
Total	48.01

i 2020. Estudio de impacto de las TIC preparado por VHK y Viegand Maagøe para la Comisión Europea, Asistencia a la Comisión Europea - Estudio de impacto de las TIC - INFORME FINAL. [en línea] Comisión Europea. - Energía, p.VII. Disponible en: https://www.etsi.org/deliver/etsi_es/203100_203199/203199/01_03_00_50/es_203199v010300m.pdf [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

ii Malmodin, J., y Lundén, D. 2018. *The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010–2015*. Sustainability, 10(9), 3027. doi:10.3390/su10093027

iii 2020. Estudio de impacto de las TIC preparado por VHK y Viegand Maagøe para la Comisión Europea, Asistencia a la Comisión Europea - Estudio de impacto de las TIC - INFORME FINAL. [en línea] Comisión Europea. - Energía, p.85. Disponible en: https://www.etsi.org/deliver/etsi_es/203100_203199/203199/01_03_00_50/es_203199v010300m.pdf [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

iv Ibid, p.95

v Ibid, p.98

vi Ibid, p.101

vii Ibid, p.153

Además, se han extrapolado los impactos de fabricación, distribución y fin de vida, considerando el impacto medio de las tres fases, relacionado con el consumo de 1 TWh.

Nota

Este enfoque permite una contabilidad más completa, pero introduce un gran grado de incertidumbre. De hecho, los impactos de la fabricación, distribución y uso de algunos dispositivos o redes no se trasladan necesariamente a otros dispositivos o redes. Por ejemplo, el impacto de la fabricación de redes de satélites tiene un perfil diferente al del conjunto de las TIC.

El cálculo de los impactos de la fabricación, la distribución y el final de la vida útil relacionados con 1 TWh se mide a partir de los impactos totales.

Para conocer los impactos globales, véase la Tabla 33 (a continuación).

Para conocer los resultados por 1 TW de consumo, véase la Tabla 34 (a continuación). Para conocer los resultados, véase la Tabla 35 (a continuación).

Tabla 33 - Repercusiones generales de los servicios digitales de la UE-28 (impactos ambientales e indicadores de flujo)

Uso de recursos, minerales y metales - toneladas Sb eq.	5.760
Uso de recursos, fósiles- PJ	3.960
Acidificación - mol H+ eq. (en miles de millones)	1,19
Ecotoxicidad, agua dulce - CTUe	3.090
Cambio climático - Mt de CO ₂ eq.	185
Radiación ionizante, salud humana - GBq U235 eq.	278
Partículas en suspensión - Aparición de enfermedades	8.000
Formación de ozono fotoquímico - salud humana - toneladas NMVOC eq.	464.000
Materias primas - Mt	571
Generación de residuos - Mt	116
Consumo de energía primaria - PJ	4.230
Consumo de energía final (utilización) - PJ	1.020

Tabla 34 - Impactos globales- Ratio de 1 TWh

Uso de recursos, minerales y metales - kg Sb eq.	20.300
Uso de recursos, fósiles- MJ	4.200.000.000
Acidificación - mol H+ eq.	1.790.000
Ecotoxicidad, agua dulce - CTUe	5.890.000.000
Cambio climático - kg de CO ₂ eq.	276.000.000
Radiación ionizante, salud humana - kBq U235 eq.	398.000.000
Partículas en suspensión - Aparición de enfermedades	10
Formación de ozono fotoquímico - salud humana- kg NMVOC eq.	770.000
Materias primas - kg	1.110.000.000
Generación de residuos - kg	336.000.000
Consumo de energía primaria - MJ	3.230.000.000
Consumo de energía final (utilización) - MJ	0,00

Tabla 35 - Análisis de sensibilidad en redes y aparatos excluidos - Resultados

	Caso de referencia	Impactos adicionales- Fabricación, distribución y fin de vida	Impactos adicionales
Uso de recursos, minerales y metales	100.0%	16.9%	0.0%
Uso de recursos, fósiles	100.0%	5.1%	13.0%
Acidificación	100.0%	7.2%	10.6%
Ecotoxicidad, agua dulce	100.0%	9.2%	8.8%
Cambio climático	100.0%	7.2%	11.9%
Radiación ionizante, salud humana	100.0%	6.9%	0.1%
Partículas en suspensión	100.0%	6.2%	9.0%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana	100.0%	8.0%	9.9%
Materias primas	100.0%	9.3%	8.4%
Generación de residuos	100.0%	13.9%	3.7%
Consumo de energía primaria	100.0%	3.7%	14.3%
Consumo de energía final (utilización)	100.0%	0.0%	17.0%

Si se tienen en cuenta los dispositivos y la red excluidos, se añade un total de entre el 7% y el 19% a los impactos. Los impactos exactos tendrían que ser evaluados con mayor precisión, ya que algunos dispositivos o redes podrían tener un impacto mucho mayor o menor de lo previsto. Por ejemplo, la red de satélites tiene impactos asociados tanto a la concepción como al lanzamiento.

En concreto, para el cambio climático, los impactos totales son los siguientes:

Tabla 36 – Análisis de sensibilidad en redes y aparatos excluidos - Enfocado en el cambio climático

	Caso de referencia	Impactos adicionales - Fabricación, distribución y fin de vida	Impactos adicionales - Uso
Cambio climático total para la UE28 (Mt CO ₂ eq.)	185	13	22
Cambio climático por habitante de la UE28 (kg CO ₂ eq.)	361	25.8	43

5.2 –Análisis de sensibilidad en aparatos

5.2.1 –Análisis de sensibilidad en número de aparatos

El número de equipos por categoría varía en función de las fuentes seleccionadas. Por ejemplo, el número de teléfonos inteligentes varía entre 452.745.000 y unos 500.000.000. Este análisis de sensibilidad presenta la

modificación de los resultados desde el rango de valores más bajo hasta el más alto.

Las fuentes utilizadas se describen en el apéndice Datos utilizados en el modelo de ACV. Cuando no se encontró ninguna otra fuente, se aplicó por defecto un +/- 20%.

Tabla 37 – Análisis de sensibilidad - Número de aparatos - Datos de entrada

Equipos de usuario final	Número de referencia	Número mínimo	Número máximo	Comentario
Ordenadores portátiles	273.333.333	232.311.000	328.000.000	Se aplicó un + 20% por defecto al valor máximo
Tabletas	156.091.954	135.863.000	187.310.345	Se aplicó un + 20% por defecto al valor máximo
Teléfonos inteligentes	473.567.151	470.678.600	500.000.000	
Teléfonos móviles básicos	41.179.752	32.942.802	44.068.346	Se aplicó un + 20% por defecto al valor mínimo
Ordenadores de sobremesa	125.266.207	99.227.000	150.319.448	Se aplicó un + 20% por defecto al valor máximo
Monitores	54.397.952	43.518.362	93.861.325	Se aplicó un + 20% por defecto al valor mínimo
TV	225.514.952	180.411.962	493.700.000	Se aplicó un + 20% por defecto al valor mínimo
Proyectores	7.084.138	5.403.000	8.500.966	Se aplicó un + 20% por defecto al valor máximo
Decodificadores de TV	208.328.200	133.000.000	249.993.840	Se aplicó un + 20% por defecto al valor máximo
Teléfonos fijos	321.382.299	285.937.000	385.658.759	Se aplicó un + 20% por defecto al valor máximo
Consolas de sobremesa	90.010.347	72.008.278	108.012.416	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Consolas portátiles	51.730.218	41.384.174	62.076.262	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Altavoces conectados	42.691.700	28.700.000	51.230.040	Se aplicó un + 20% por defecto al valor máximo
Disco duro externo	32.515.000	26.012.000	39.018.000	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
SSD externo	7.031.100	5.624.880	8.437.320	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Memorias USB	586.740.000	469.392.000	704.088.000	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Impresoras	42.6 127.667.700 91.700	102.134.160	130.304.000	Se aplicó un + 20% por defecto al valor mínimo
Otras pantallas	32.616.349	26.093.079	50.506.275	Se aplicó un + 20% por defecto al valor mínimo
Estaciones de carga	6.930.050	5.544.040	8.316.060	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
IdC	1.873.767.237	1.499.013.790	2.248.520.684	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.

Los resultados son los siguientes:

Tabla 38 – Análisis de sensibilidad - Número de aparatos - Resultados

	Caso de referencia	Mín.	Máx.
Uso de recursos, minerales y metales	100.0%	89.3%	112.8%
Uso de recursos, fósiles	100.0%	89.1%	112.3%
Acidificación	100.0%	89.2%	112.2%
Ecotoxicidad, agua dulce	100.0%	88.9%	112.2%
Cambio climático	100.0%	89.4%	112.1%
Radiación ionizante, salud humana	100.0%	87.9%	112.5%
Partículas en suspensión	100.0%	89.1%	112.2%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana	100.0%	89.4%	112.1%
Materias primas	100.0%	88.6%	112.0%
Generación de residuos	100.0%	89.1%	112.1%
Consumo de energía primaria	100.0%	88.7%	112.3%
Consumo de energía final (utilización)	100.0%	88.3%	112.8%

La modificación del número de dispositivos cambia los resultados en un rango que va del 88% al 113% en general. El número de dispositivos de los usuarios finales es un factor clave en el impacto de los servicios digitales en la UE-28.

En concreto, para el cambio climático, los impactos totales son los siguientes:

Tabla 39 – Análisis de sensibilidad – Número de aparatos - Enfocado en el cambio climático

	Impactos de referencia	Mín.	Máx.
Cambio climático total para la UE28 (Mt CO ₂ eq.)	185	166	208
Cambio climático por habitante de la UE28 (kg CO ₂ eq.)	361	323	404

5.2.2 —Análisis de sensibilidad en el tiempo de vida de los aparatos

La vida útil de cada aparato varía en función de las fuentes seleccionadas. Por ejemplo, la vida útil de los ordenadores portátiles varía de 4 a 5 años. Este análisis de sensibilidad presenta la modificación de los resul-

tados desde el rango de valores más bajo hasta el más alto.

Las fuentes utilizadas se describen en el apéndice Datos utilizados en el modelo de ACV. Cuando no se encontró ninguna otra fuente, se aplicó por defecto un +/- 20%.

Tabla 40 – Análisis de sensibilidad - Número de aparatos - Datos de entrada

Equipos de usuario final	Vida útil de referencia (años)	Vida útil mínima (años)	Vida útil máxima (años)	Comentario
Ordenadores portátiles	4	3.2	5	Se aplicó un + 20% por defecto al valor mínimo
Tabletas	3	2.4	4.6	Se aplicó un + 20% por defecto al valor mínimo
Teléfonos inteligentes	2.5	2	3	Se aplicó un + 20% por defecto al valor máximo
Teléfonos móviles básicos	2.5	2	3	Se aplicó un + 20% por defecto al valor máximo
Ordenadores de sobremesa	5.5	4.4	6	Se aplicó un + 20% por defecto al valor mínimo
Monitores	6	4.8	7.2	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
TV	8	6	9.6	Se aplicó un + 20% por defecto al valor mínimo
Proyectores	5	4	6	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Decodificadores de TV	5	4	6	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Teléfonos fijos	8	7	10	
Consolas de sobremesa	6.5	5.2	7.8	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Consolas portátiles	6.5	5.2	7.8	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Altavoces conectados	5	4	6	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Disco duro externo	5	4	6	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
SSD externo	5	4	6	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Memorias USB	5	4	6	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Impresoras	5	4	6	Se aplicó un + 20% por defecto al valor mínimo
Otras pantallas	5	4.8	7	Se aplicó un + 20% por defecto al valor mínimo
Estaciones de carga	5	4	6	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
IdC	1.873.767.237	1.499.013.790	2.248.520.684	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.

Los resultados son los siguientes:

Tabla 41 – Análisis de sensibilidad - Vida útil de los aparatos - Resultados

	Caso de referencia	Máx.	Min.
Uso de recursos, minerales y metales	100.0%	123.7%	84.9%
Uso de recursos, fósiles	100.0%	103.8%	93.2%
Acidificación	100.0%	106.9%	91.7%
Ecotoxicidad, agua dulce	100.0%	109.8%	90.6%
Cambio climático	100.0%	106.8%	91.7%
Radiación ionizante, salud humana	100.0%	106.6%	92.6%
Partículas en suspensión	100.0%	105.4%	92.4%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana	100.0%	108.1%	91.1%
Materias primas	100.0%	109.6%	91.3%
Generación de residuos	100.0%	118.1%	87.2%
Consumo de energía primaria	100.0%	101.4%	94.4%
Consumo de energía final (utilización)	100.0%	96.4%	96.4%

La modificación de la vida útil de los dispositivos cambia los resultados en un rango que varía del 85% al 124% en general. La vida útil de los dispositivos de usuario final es un factor clave en el impacto de los servicios digitales en la UE-28. Cuanto más larga es la vida útil de un equipo, más se distribuyen los impactos a lo largo del tiempo, con lo que se reducen.

En concreto, para el cambio climático, los impactos totales son los siguientes:

Tabla 42 – Análisis de sensibilidad – Vida útil de los aparatos - Enfocado en el cambio climático

	Impactos de referencia	Máx.	Mín..
Cambio climático total para la UE28 (Mt CO ₂ eq.)	185	198	170
Cambio climático por habitante de la UE28 (kg CO ₂ eq.)	361	385	331

5.2.3 —Análisis de sensibilidad en consumo eléctrico de los aparatos

El consumo de energía de cada tipo de aparato varía en función de las fuentes seleccionadas. Por ejemplo, el consumo de energía de las tabletas varía desde los 10 kWh/año a 18,6 kWh/año. Este análisis de sensibilidad presenta la modificación de los resultados desde el rango de valores más bajo hasta el más alto.

Las fuentes utilizadas se describen en el apéndice Datos utilizados en el modelo de ACV. Cuando no se encontró ninguna otra fuente, se aplicó por defecto un +/- 20%.

Tabla 43 – Análisis de sensibilidad - Consumo de energía de los aparatos - Datos de entrada

	Consumo energético de referencia (kWh/año)	Consumo energético mínimo (kWh/año)	Consumo energético máximo (kWh/año)	Comentario
Ordenadores portátiles	30,96	24,768	56	Se aplicó un + 20% por defecto al valor mínimo
Tabletas	19,4	10	23,28	Se aplicó un + 20% por defecto al valor mínimo
Teléfonos inteligentes	3,9	3,12	4,68	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Teléfonos móviles básicos	0,09	0,624	1,5	Se aplicó un + 20% por defecto al valor mínimo
Ordenadores de sobremesa	104,39	83,512	125,268	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Monitores	70	56	84	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
TV	179	143,2	214,8	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Proyectores	200	160	240	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Decodificadores de TV	73	58,4	87,6	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Teléfonos fijos	17,57	14,056	21,084	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Consolas de sobremesa	55,88	44,704	67,056	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Consolas portátiles	5,15	4,12	6,18	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Altavoces conectados	23	18,4	27,6	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Disco duro externo	0,29	0,232	0,348	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
SSD externo	0,1	0,08	0,12	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Memorias USB	0,04	0,032	0,048	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Impresoras	Depende del aparato, véase el apéndice Datos utilizados en el modelo ACV > Impresoras	Depende del aparato, véase el apéndice Datos utilizados en el modelo ACV > Impresoras	Depende del aparato, véase el apéndice Datos utilizados en el modelo ACV > Impresoras	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Otras pantallas	Depende del aparato, véase el apéndice Datos utilizados en el modelo ACV > Pantallas electrónicas	Depende del aparato, véase el apéndice Datos utilizados en el modelo ACV > Pantallas electrónicas	Depende del aparato, véase el apéndice Datos utilizados en el modelo ACV > Pantallas electrónicas	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
Estaciones de carga	1,28	1,024	1,536	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.
IdC	Depende del aparato, véase el apéndice Datos utilizados en el modelo ACV > Objetos IdC conectados	Depende del aparato, véase el apéndice Datos utilizados en el modelo ACV > Objetos IdC conectados	Depende del aparato, véase el apéndice Datos utilizados en el modelo ACV > Objetos IdC conectados	A falta de otras fuentes se aplicó por defecto un +/- 20%.

Los resultados son los siguientes:

Tabla 44 – Análisis de sensibilidad - Consumo eléctrico de los equipos – Resultados

	Caso de referencia	Mín.	Máx.
Uso de recursos, minerales y metales	100%	100%	100%
Uso de recursos, fósiles	100%	91.1%	109.9%
Acidificación	100%	92.7%	108.2%
Ecotoxicidad, agua dulce	100.0%	94.1%	106.5%
Cambio climático	100.0%	92.7%	108.2%
Radiación ionizante, salud humana	100.0%	92.4%	108.4%
Partículas en suspensión	100.0%	91.9%	109.0%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana	100.0%	93.2%	107.5%
Materias primas	100.0%	94.3%	106.4%
Generación de residuos	100.0%	97.8%	102.5%
Consumo de energía primaria	100.0%	90.0%	111.1%
Consumo de energía final (utilización)	100.0%	87.3%	114.2%

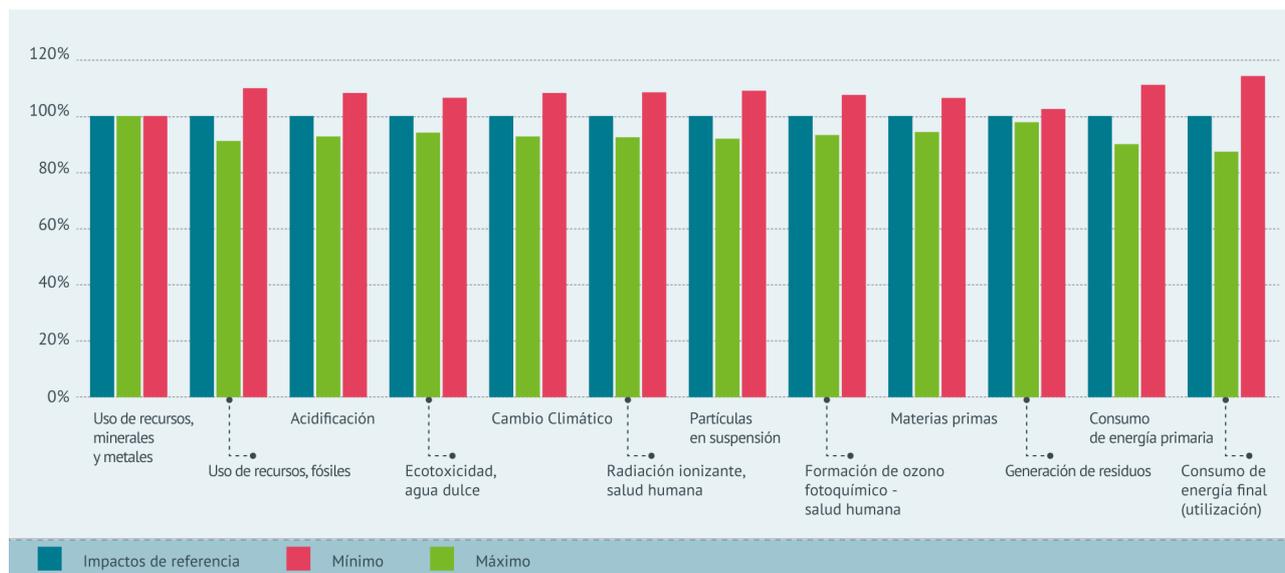
La modificación del consumo eléctrico de las redes cambia los resultados en un rango que va del 87% al 114%. El consumo eléctrico de los dispositivos de usuario final es un factor clave en el impacto de los servicios digitales en la UE-28.

En concreto, para el cambio climático, los impactos totales son los siguientes:

Tabla 45 – Análisis de sensibilidad – Consumo energético de los aparatos - Enfocado en el cambio climático

	Impactos de referencia	Mín.	Máx.
Cambio climático Total para UE28 (Mt CO ₂ eq.)	185	172	200
Cambio climático por habitante de la UE28 (kg CO ₂ eq.)	361	334	390

Figura 5 – Análisis de sensibilidad - Consumo eléctrico global de los equipos



5.3 – Análisis de sensibilidad en redes

5.3.1 – Análisis de sensibilidad en consumo eléctrico

Todavía se está discutiendo el consumo eléctrico de las redes. Hay tres valores en este informe:

- Consumo de electricidad de la red móvil: el valor de base es de 15,17 TWh. Se han considerado como hipótesis valores de más y menos 20%, es decir, de 12,14 TWh a 18,2 Twh.

- Consumo de electricidad de la red fija, de la red troncal y de la agregación: el valor de base es de 17,7 TWh. Se han considerado como hipótesis valores de más y menos 20%, es decir, de 14,16 TWh a 21,24 Twh.

- Consumo de electricidad de las redes de telefonía fija y de los módems de usuario final: el valor de base es de 17,92 TWh. El valor mínimo se basa en el estudio de impacto de las TIC³⁹ en 14.28 TWh, y el valor máximo considera un 20% más como hipótesis básica, lo que significa hasta 21,5 TWh.

Los resultados son los siguientes:

Tabla 46 – Análisis de sensibilidad - Consumo eléctrico de redes- Resultados

	Caso de referencia	Mín.	Máx.
Uso de recursos, minerales y metales	100.0%	100.0%	100.0%
Uso de recursos, fósiles	100.0%	97.5%	102.5%
Acidificación	100.0%	97.9%	102.1%
Ecotoxicidad, agua dulce	100.0%	98.3%	101.7%
Cambio climático	100.0%	97.9%	102.1%
Radiación ionizante, salud humana	100.0%	97.9%	102.1%
Partículas en suspensión	100.0%	97.7%	102.3%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana	100.0%	98.1%	101.9%
Materias primas	100.0%	98.4%	101.6%
Generación de residuos	100.0%	99.4%	100.6%
Consumo de energía primaria	100.0%	97.2%	102.8%
Consumo de energía final (utilización)	100.0%	96.4%	103.6%

39 2020. Estudio de impacto de las TIC preparado por VHK y Viegand Maagøe para la Comisión Europea, Asistencia a la Comisión Europea - Estudio de impacto de las TIC - INFORME FINAL. [en línea] Comisión Europea. - Energía, p.VII. Disponible en: <https://circabc.europa.eu/sd/a/8b7319ba-ce4f-49ea-a6e6-b28d-f00b20d1/CT%20impact%20study%20final.pdf> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

40 Data.worldbank.org. 2021. PIB (dólares estadounidenses) - Unión Europea | Datos. [en línea] Disponible en: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=EU> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

41 Data.worldbank.org. 2021. PIB (dólares estadounidenses) - Francia | Datos. [en línea] Disponible en: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=FR> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

42 Data.worldbank.org. 2021. PIB (dólares estadounidenses) - Francia | Datos. [en línea] Disponible en: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=FR> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

43 Insee.fr. 2020. Bilan démographique 2019 - Insee Première - 1789. [en línea] Disponible en: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4281618> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

44 Comisión Europea - Comisión Europea 2019. Sala de prensa. [en línea] Disponible en: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_19_2933 [Consultado el 30 de septiembre de 2021]. [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

La modificación del número de dispositivos cambia los resultados en un rango que va del 96% al 103% globalmente. Lo que demuestra que el consumo de electricidad de las redes tiene un efecto limitado en los impactos digitales de la UE-28 en su conjunto.

En concreto, para el cambio climático, los impactos totales son los siguientes:

Tabla 47 – Análisis de sensibilidad – Consumo energético de redes - Enfocado en el cambio climático

	Impactos de referencia	Mín.	Máx.
Cambio climático total para la UE28 (Mt CO ₂ eq.)	185	181	189
Cambio climático por habitante de la UE28 (kg CO ₂ eq.)	361	353	368

5.3.2 – Extrapolación del análisis de sensibilidad a la UE-28

La extrapolación del escenario francés a un escenario de la UE-28 se basó en dos parámetros (cf. apéndice Enfoque de modelización, p.39 del documento Apéndices del informe):

- Número de usuarios de telefonía fija
- Volumen de datos transferidos

Esta extrapolación puede dar lugar a debates, y podrían considerarse otras normas de extrapolación. En esta sección se pretende testar otras reglas de extrapolación:

- EL PIB: El PIB es un indicador de los bienes y servicios producidos en un país o región. Las actividades digitales son bienes y servicios, por lo que el PIB podría considerarse una regla de extrapolación. En 2019, el PIB de la UE-28 fue de 15,634 billones de dólares⁴⁰, y ese mismo año, el PIB francés fue de 2,716 billones⁴¹.

- Número de habitantes: en última instancia, los habitantes de la UE-28 son los usuarios potenciales y reales de la red, y ésta está diseñada para satisfacer sus necesidades. Había un total de 513.500.000 habitantes en la UE-28 en 2019⁴². En Francia había 66.978.000 habitantes ese mismo año.⁴³

- DESI (Índice de Economía y Sociedad Digital): este indicador lo ha desarrollado la Comisión Europea⁴⁴. Se

trata de un índice compuesto que la Comisión Europea publica cada año desde 2014 y que mide el progreso de los países de la UE hacia una economía y una sociedad digitales. Los valores se consideran teniendo en cuenta únicamente los parámetros 1. Conectividad, y 3. Uso de internet. Los resultados acumulados son: 1,945% para la UE-28 y 1,949% para Francia. Debido a la insignificante diferencia, no se ha seguido evaluando esta regla de extrapolación.

Los resultados son los siguientes:

Tabla 48 – Análisis de sensibilidad - Extrapolación a la UE-28- Resultados

	Caso de referencia	Análisis de sensibilidad - PIB	Análisis de sensibilidad - habitantes.
Uso de recursos, minerales y metales	100.0%	99.3%	101.0%
Uso de recursos, fósiles	100.0%	99.9%	100.1%
Acidificación	100.0%	99.8%	100.2%
Ecotoxicidad, agua dulce	100.0%	99.8%	100.3%
Cambio climático	100.0%	99.8%	100.2%
Radiación ionizante, salud humana	100.0%	99.6%	100.5%
Partículas en suspensión	100.0%	99.8%	100.2%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana	100.0%	99.8%	100.2%
Materias primas	100.0%	99.5%	100.6%
Generación de residuos	100.0%	99.4%	100.9%
Consumo de energía primaria	100.0%	99.9%	100.1%
100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Al modificar la extrapolación a la normativa de la UE-28, los resultados se modifican en un rango que va del 99% al 101% a nivel global. En el caso de las redes, la elección de la extrapolación de reglas tiene poco impacto en los servicios digitales a nivel global.

En concreto, para el cambio climático, los impactos totales son los siguientes:

Tabla 49 – Análisis de sensibilidad – Extrapolación a la UE-28 - Enfocado en el cambio climático

	Impactos de referencia	PIB	Habitantes
Cambio climático total para la UE28 (Mt CO ₂ eq.)	185	185	186
Cambio climático por habitante de la UE28 (kg CO ₂ eq.)	361	360	361

5.4 —Análisis de sensibilidad en centros de datos

5.4.1 —Análisis de incertidumbre en consumo eléctrico

El consumo total de energía de los centros de datos es objeto de discusión, ya que al variar las fuentes los valores también varían. Puede ser consecuencia de un enfoque diferente o de una diferencia en el perímetro, lo que provoca posibles incertidumbres (por ejemplo, la inclusión de salas de servidores).

Los valores mínimos y máximos encontrados en la literatura se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 50 – Análisis de sensibilidad - Consumo de energía de los centros de datos - Datos de entrada

Casos	Caso de referencia	Mínimo	Máximo
Fuentes	Borderstep (UE-28 en 2019) ⁱ	Estudio de impacto de las TIC (UE-27 en 2020) ⁱⁱ	CCI interpolado de 2015 a 2020 para obtener 2019 (UE-28) ⁱⁱⁱ
Consumo eléctrico en centros de datos (TWh)	79,98	39,54	98

ⁱ Hintemann, R., Hinterholzer, S., Montevecchi, F., y Stickler, T. (2020). Tecnologías y políticas de programación en la nube energéticamente eficientes para un mercado de la nube sostenible. Instituto Borderstep y Agencia de Medio Ambiente de Austria.

ⁱⁱ 2020. Estudio de impacto de las TIC preparado por VHK y Viegand Maagøe para la Comisión Europea, Asistencia a la Comisión Europea - Estudio de impacto de las TIC - INFORME FINAL. [en línea] Comisión Europea. - Energía, p.VII. Disponible en: https://www.etsi.org/deliver/etsi_es/203100_203199/203199/01.03.00_50/es_203199v010300m.pdf [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

ⁱⁱⁱ Dodd, N., Alfieri, F., Maya-Drysdale, L., Viegand, J., Flucker, S., Tozer, R., Whitehead, B., Wu, A., Brocklehurst, F., [Desarrollo de los criterios verdes de la UE para contratación pública \(GPP\) en centros de datos, salas de servidores y servicios en la nube. Informe técnico final](#), EUR 30251 EN, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.

Los resultados son los siguientes:

Tabla 51 – Análisis de sensibilidad - Consumo de energía de los centros de datos - Resultados

	Caso de referencia	Mín.	Máx.
Uso de recursos, minerales y metales	100.0%	100.0%	100.0%
Uso de recursos, fósiles	100.0%	90.0%	116.0%
Acidificación	100.0%	91.8%	112.9%
Ecotoxicidad, agua dulce	100.0%	93.4%	110.2%
Cambio climático	100.0%	91.8%	113.0%
Radiación ionizante, salud humana	100.0%	91.5%	113.4%
Partículas en suspensión	100.0%	90.0%	114.5%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana	100.0%	92.4%	111.9%
Materias primas	100.0%	93.6%	109.9%
Generación de residuos	100.0%	97.5%	103.7%
Consumo de energía primaria	100.0%	88.8%	118.2%
Consumo de energía final (utilización)	100.0%	85.7%	124.1%

La modificación del número de dispositivos cambia los resultados en un rango que va del 86% al 124% en general. La reducción del consumo de electricidad conlleva una reducción directa y significativa de los impactos. El consumo de electricidad de los centros de datos podría controlarse a escala de la UE-28 para tener una visión más precisa.

En concreto, para el cambio climático, los impactos totales son los siguientes:

Tabla 52 - Análisis de sensibilidad - Consumo energético de los centros de datos - Enfocado en el cambio climático

	Impactos de referencia	Mín.	Máx.
Cambio climático total para la UE28 (Mt CO ₂ eq.)	185	170	192
Cambio climático por habitante de la UE28 (kg CO ₂ eq.)	361	331	374

5.5 – Análisis de sensibilidad acumulada

En esta sección se agregarán todos los análisis de sensibilidad para ofrecer una visión general de los impactos. Lo que permitirá considerar los impactos ambientales mínimos y máximos con mayor precisión.

Los resultados son los siguientes:

Tabla 53 – Análisis de sensibilidad - Análisis acumulativo de sensibilidad- Resultados

	Caso de referencia	Mín.	Máx.
Uso de recursos, minerales y metales	100.0%	76.0%	156.7%
Uso de recursos, fósiles	100.0%	69.8%	156.1%
Acidificación	100.0%	71.0%	155.4%
Ecotoxicidad, agua dulce	100.0%	71.9%	155.4%
Cambio climático	100.0%	71.1%	156.6%
Radiación ionizante, salud humana	100.0%	91.5%	145.2%
Partículas en suspensión	100.0%	70.3%	153.1%
Formación de ozono fotoquímico	100.0%	92.4%	155.3%
Materias primas	100.0%	72.5%	154.4%
Generación de residuos	100.0%	74.5%	155.6%
Consumo de energía primaria	100.0%	68.9%	156.0%
Consumo de energía final (utilización)	100.0%	66.2%	156.3%

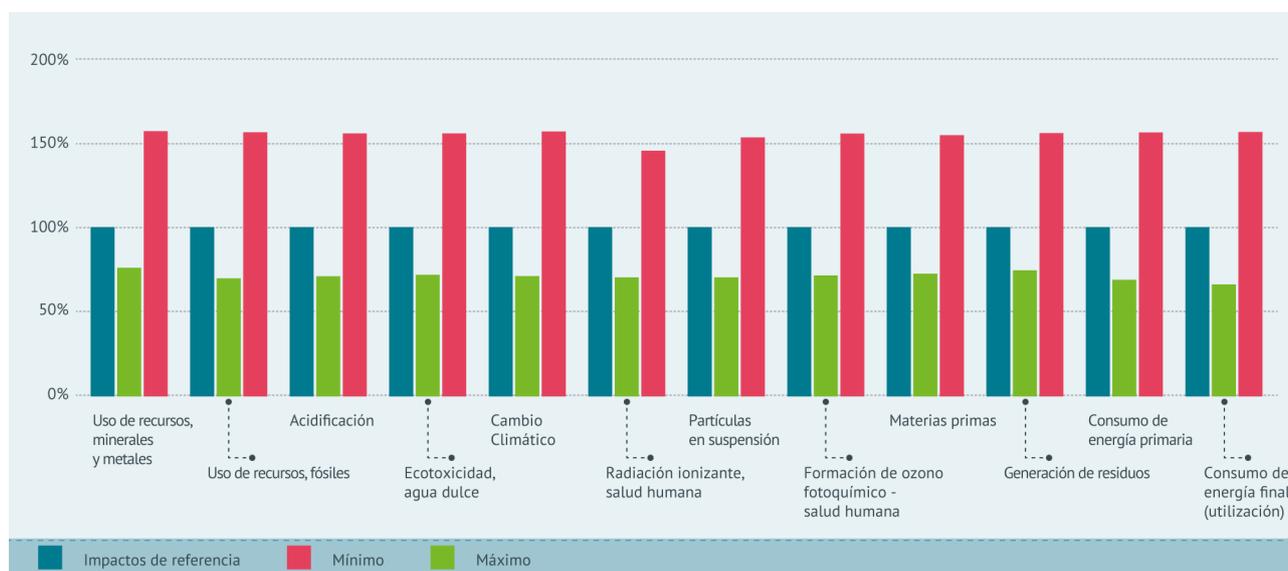
La modificación del análisis de sensibilidad acumulativo cambia los resultados en un rango que va del 66% al 157% en general. Se muestra el alcance de los posibles impactos de los servicios digitales dentro del ámbito previsto para este estudio.

En concreto, para el cambio climático, los impactos totales son los siguientes:

Tabla 54 – Análisis de sensibilidad - Análisis acumulativo de sensibilidad - Enfocado en el cambio climático

	Impactos de referencia	Mín.	Máx.
Cambio climático total para la UE28 (Mt CO ₂ eq.)	185	132	290
Cambio climático por habitante de la UE28 (kg CO ₂ eq.)	361	257	565

Figura 6 – Análisis de sensibilidad - Análisis acumulativo de sensibilidad



6. Conclusiones

El objetivo de este estudio era evaluar el impacto medioambiental de las TIC a escala de la Unión Europea para los responsables políticos y el conocimiento público.

En este contexto, el objetivo de este estudio era proporcionar a los Verdes/ALE, a la ciudadanía europea y a las principales partes interesadas:

1. Datos claros y actualizados sobre el impacto medioambiental de las TIC a escala europea
2. Una metodología y un cálculo sólidos, objetivos y con base científica de los impactos ambientales de las TIC basados en un Análisis del Ciclo de Vida (ACV).
3. Recomendaciones políticas para un desarrollo digital compatible con el Pacto Verde.

Para responder lo mejor posible a esta petición, nuestro estudio propone una evaluación multicriterio del ciclo de vida que se ajuste en la medida de lo posible a las normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006 y con una normalización que permita la comparación con los límites planetarios.

Principales hallazgos de la evaluación multicriterio del ciclo de vida

Con respecto al primer punto, los resultados globales de las repercusiones medioambientales de un año de servicios digitales en Europa, UE-28, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 55 - Repercusiones generales de los servicios digitales de la UE-28 (impactos ambientales e indicadores de flujo)

Uso de recursos, minerales y metales - toneladas Sb eq.	5.760
Uso de recursos, fósiles- PJ	3.960
Acidificación - mol H+ eq. (en miles de millones)	1,19
Ecotoxicidad, agua dulce - CTUe	3.090
Cambio climático - Mt de CO ₂ eq.	185
Radiación ionizante, salud humana - GBq U235 eq.	278

Partículas en suspensión - Aparición de enfermedades	8.000
Formación de ozono fotoquímico - salud humana - toneladas NMVOC eq.	464.000
Materias primas - Mt	571
Generación de residuos - Mt	116
Consumo de energía primaria - PJ	4.230
Consumo de energía final (utilización) - PJ	1.020

El cambio climático, concretamente, equivale a 185 Mt de CO₂ eq.

Esto equivaldría a:

- 111 t de oro en términos de rareza para el uso de recursos, minerales y metales y 571 Mt de materiales desplazados, equivalentes al peso de 9.200 millones de seres humanos (con una media de 62 kg). Esto significa que cada año, los materiales desplazados en relación con los servicios digitales de la UE-28 equivalen aproximadamente al peso de todos los seres humanos..

- El impacto del cambio climático es similar al de 370.000 viajes de ida y vuelta de 500 pasajeros de avión entre París y Nueva York, o unos 63 años de la conexión existente (16 aviones diarios)

- La generación de residuos es equivalente al peso de 1.870 millones de personas (con una media de 62 kg).

- El consumo de electricidad equivale a 32.344.000 calentadores (1.000W) encendidos sin parar durante un año.

Además, a escala de la UE-28:

- El consumo total de electricidad de los servicios digitales en Europa es de 283 TWh de un total de 3,054⁴⁵ TWh, lo que significa que el consumo de electricidad de los servicios digitales durante la fase de uso representa el 9,3% del consumo europeo de electricidad.

- Las emisiones totales de GEI de los servicios digitales en Europa son de 185 Mt de CO₂ eq. de un total de 4.378 Mt de CO₂ eq.,⁴⁶ lo que significa que las emisiones de GEI de los servicios digitales representan el 4,2% de las emisiones europeas de GEI.

45 45 AIE. 2021. Estadísticas y datos - AIE. [en línea] Disponible en: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=EU28&fuel=Electricity%20and%20heat&indicator=TotElecCons> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

46 AEMA. 2021. Visor de datos sobre emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, enviados por los países a la CMNUCC y al Mecanismo de Seguimiento de Gases de Efecto Invernadero de la UE (Estados miembros de la UE). [en línea] Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Nota

Las comparaciones a escala de la UE-28 tienen como objetivo proporcionar una escala de impactos relacionados y no deben entenderse como resultados absolutos. Los perímetros son diferentes: algunas emisiones relacionadas con los servicios digitales en la UE-28 se producen fuera de la UE-28 y se consideran parte del ámbito del estudio (fabricación de los dispositivos); mientras que el total de emisiones consideradas para la UE por la AIE son sólo las producidas dentro de las fronteras de la UE.

Para saber más sobre emisiones importadas: <https://www.idhsustainabletrade.com/news/hidden-CO2-emissions-europes-imported-responsibility/>

Las repercusiones por habitante de la UE son:

Tabla 56 - Repercusiones de los servicios digitales de la UE-28 por habitante (impactos ambientales e indicadores de flujo)

Uso de recursos, minerales y metales - g Sb eq.	11.2
Uso de recursos, fósiles- MJ	7.710
Acidificación - mol H+ eq.	2
Ecotoxicidad, agua dulce - CTUe	6.010
Cambio climático - kg de CO ₂ eq.	361
Radiación ionizante, salud humana - kBq U235 eq.	541
Partículas en suspensión - Aparición de enfermedades	0,00156%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana - kg de COVNM eq.	0,91
Materias primas - kg	1,110
Generación de residuos - kg	225
Consumo de energía primaria - MJ	8,230
Consumo de energía final (utilización) - MJ	1,980

El cambio climático, concretamente, equivale a 361 kg CO₂ eq. por habitante de la UE-28

Esto equivaldría a:

- En términos de impacto del cambio climático es similar al de un viaje de ida y vuelta de un pasajero de avión entre París y Atenas.
- Uso de recursos, minerales y metales: 0,69 kg de estaño en términos de escasez, y 1.110 kg de materiales desplazados, equivalentes al peso de 18 personas (con una media de 62 kg).
- Generación de residuos: 225 kg residuos globales, equivalente al peso de 3,6 personas (con una media de 62 kg).

Consumo de electricidad: 1 calentador (1.000W) encendido sin parar durante 23 días.

Los resultados de este estudio muestran la importancia de utilizar un enfoque multicriterio para estudiar los impactos ambientales en el caso de la tecnología digital. De hecho, se observa que aunque los impactos sobre el cambio climático son significativos (185 MtCO₂eq.), otros indicadores también muestran tasas muy elevadas, en particular en el uso de recursos (minerales, metales y fósiles). Sobre todo porque siguen siendo preponderantes después de la normalización y la ponderación de los impactos, por lo que deben tenerse en cuenta en primer lugar en todas las estrategias de reducción de los impactos ambientales y para evitar las transferencias de impactos, que no pueden descuidarse en la búsqueda de la sostenibilidad ambiental.

La tabla siguiente muestra los resultados normalizados y ponderados:

Tabla 57 - Resultados normalizados

Uso de recursos, minerales y metales - kg Sb eq.	22.9%
Uso de recursos, fósiles- MJ	17.0%
Acidificación - mol H+ eq.	4.5%
Ecotoxicidad, agua dulce - CTUe	4.7%
Cambio climático - kg de CO ₂ eq.	16.2%
Radiación ionizante, salud humana - kBq U235 eq.	11.1%
Partículas en suspensión - Aparición de enfermedades	4.0%
Formación de ozono fotoquímico - salud humana - kg de COVNM eq.	1.8%
Materias primas - kg	No hay factores de ponderación
Generación de residuos - kg	
Consumo de energía primaria - MJ	
Consumo de energía final (utilización) - MJ	

Limitaciones del estudio

Realizar una evaluación medioambiental exhaustiva y precisa de los servicios digitales en la Unión Europea a nivel institucional es un ejercicio complejo que tropieza con ciertas limitaciones. Que se deben a:

- una evolución constante en el desarrollo y uso de la tecnología a nivel individual e industrial considerando, además, los dispositivos, las redes y los centros de datos (por ejemplo, el cambio de las tecnologías de las pantallas, el desarrollo de nuevos tipos de red cada 5-7 años, el desarrollo de nuevas tecnologías y uso: IdC, programación en la nube, programación de borde...)

- un acceso limitado a datos cualitativos
- la falta de transparencia en el alcance de los datos comunicados. Los servicios digitales son una parte reciente de la economía actual y la concienciación en torno a las cuestiones medioambientales asociadas a la tecnología digital es reciente y no está sujeta a requisitos de información,
- discrepancias en las fuentes de datos (institucionales e industriales) que generan incertidumbres incalificables.

Por ello, estos capítulos pretenden identificar y matizar las limitaciones para reconocerlas y anticiparse a las posibles actualizaciones futuras. De hecho, este estudio es un primer paso para ayudar a enriquecer nuestros conocimientos a la hora de calificar los impactos ambientales de los servicios digitales. También se busca ofrecer recomendaciones para mejorar la gestión del impacto de los servicios digitales europeos.

Limitaciones asociadas al ámbito del estudio

Servicios digitales fuera de la Unión Europea

El estudio tiene en cuenta los dispositivos instalados en territorio de la UE-28: dispositivos de usuario final, redes y centros de datos.

Con respecto a las redes y los centros de datos, no se tienen en cuenta los equipos ubicados fuera de la UE que son utilizados para los servicios digitales dentro de la UE-28, pero sí se tienen en cuenta todos los equipos ubicados dentro de sus fronteras, incluso para los servicios digitales utilizados fuera de la UE-28. Consideramos que el balance entre los equipos instalados dentro y fuera de la UE resultó equilibrado.

Para avanzar en esa línea se debería llevar a cabo una investigación complementaria.

Consideraciones sobre el mantenimiento, la actualización y la refabricación

Durante la fase de uso, algunos dispositivos requieren un mantenimiento (cambio de piezas, limpieza, etc.), y otros pueden actualizarse (por ejemplo, los ordenadores de sobremesa). Los impactos de las actividades de repuestos y mantenimiento no se integraron en el estudio.

Por otro lado, en la elaboración del estudio se ha considerado un modelo de economía lineal (producir, usar, desechar) que es el predominante en el sector de las TIC. De hecho, las actividades de refabricación y repa-

ración no están muy extendidas en la actualidad en el sector de las TIC. Por lo tanto, este fenómeno fue considerado como una parte insignificante de la industria.

Sin embargo, aumentar la vida útil de los dispositivos y desarrollar actividades de mantenimiento es una prioridad estratégica para reducir el impacto global de las TIC. En consecuencia, estas actividades deberían volver a integrarse en el ámbito de un futuro estudio.

Energía verde, bonos verdes, autoconsumo, compensación de carbono, neutralidad de carbono

El mix eléctrico aplicado es el mix eléctrico medio de la UE-28 facilitado por la AIE en su último informe (2018). Se aplicó el mismo mix eléctrico sin distinción a todos los equipos de cada nivel de las TIC (dispositivos de usuario final, red, centros de datos). Algunas empresas argumentan una reducción de sus impactos debido al uso de electricidad verde o de mecanismos financieros sostenibles. Mientras que algunos no se han tenido en cuenta debido al enfoque metodológico (como los bonos verdes y las compensaciones de carbono), otros no se han tenido en cuenta por falta de datos, como el autoconsumo.

La neutralidad de carbono no es un enfoque válido fuera del ámbito internacional (según la ADEME47 y el PNUMA48) y, por tanto, no se ha tenido en cuenta.

Limitaciones asociadas al inventario de ciclo de vida y la obtención de datos

Accesibilidad y evaluación de la calidad de los datos

La calidad de un ACV depende en gran medida de la calidad de los datos de entrada. Una mayor proporción de datos primarios de entrada garantiza una mayor calidad de los resultados y una reducción de la incertidumbre de los mismos. Teniendo en cuenta la magnitud del perímetro de estudio y la duración del mismo, no fue posible organizar ninguna recogida de datos in situ ni sistematizar el interrogatorio de todos los actores del sector digital.

En consecuencia, el presente estudio se basa en una recopilación de los datos actuales valorados por expertos cualificados o basados en datos proporcionados por las partes interesadas europeas en la medida de lo posible. Para limitar y gestionar las disparidades en los datos se han aplicado los siguientes principios en relación con 5 parámetros (véase la sección Requisitos de calidad de los datos):

● **Representatividad tecnológica:** tecnologías propias de entre 2015 y 2020.

● **Representatividad geográfica:** datos específicos correspondientes a los servicios digitales ubicados en la Unión Europea (28 Estados miembros) durante su uso, teniendo en cuenta que algunas de las fases de su ciclo de vida, como la fabricación, pueden tener lugar en el extranjero (enfoque basado en el mercado). En caso de falta de datos, las hipótesis se justifican en la medida de lo posible

● **Representatividad temporal:** datos de 2019- 2020. En caso de que los datos tuvieran más de 5 años de antigüedad (anteriores a 2015) estos fueron actualizados en base a hipótesis y justificados en la medida de lo posible.

● **Exhaustividad:** la aplicación de los criterios de corte es compleja teniendo en cuenta la cantidad de equipos y procesos. El estudio incluye todos los flujos identificados salvo que se indique lo contrario.

● **Incertidumbre de los parámetros:** para la mayor parte de los datos sólo se disponía de una fuente, lo que supone un alto grado de incertidumbre. En la medida de lo posible, los datos se cotejaron con fuentes adicionales.

● **Adecuación y coherencia metodológica:** metodología utilizada: ISO 14040-44. Aplicación uniforme de la metodología de obtención de datos para todos los componentes estudiados.

Esta limitación aplica al inventario de dispositivos, a la estimación de la vida útil y al consumo de energía.

Para aumentar la calidad de los datos de futuros estudios de esta índole, debería considerarse la posibilidad de organizar el seguimiento de la industria digital y federar a las partes interesadas del sector: los fabricantes, los distribuidores, los proveedores de acceso a Internet y los proveedores de servicios podrían participar en la organización de la retroalimentación de información precisa. Dicha información podría utilizarse para mejorar la supervisión del despliegue de la tecnología digital en Europa.

Fallas en la obtención de datos

Los equipos y las redes se han identificado como parte del ámbito del área digital, pero no se han integrado en el ámbito del estudio, debido a la falta de datos accesibles. Ese es el caso de la televisión por satélite y terrestre, la RTPC (Red Telefónica Pública Conmutada), los reproductores de DVD, las pizarras interactivas, los reproductores MP3, los equipos de audio domésticos autónomos, los cajeros automáticos, las cajas registradoras y los TPV, las máquinas expendedoras de billetes, los puntos de acceso WLAN públicos, las TIC relacionadas con el peaje y las cámaras de seguridad.

Teniendo en cuenta el elevado impacto de los dispositivos de usuario final (nivel 1) en los resultados de nuestro estudio en comparación con los otros dos niveles (red y centros de datos), podemos suponer que el impacto de dichos dispositivos no es despreciable, como se indica en el análisis de sensibilidad.

Algunos equipos fueron ciertamente subestimados, como sucede con la red de satélites, ya que la concepción y el lanzamiento de satélites y cohetes generan importantes impactos.

Todos estos elementos pueden conducir a una infravaloración de los resultados. La integración de estas tecnologías y equipos debe preverse en futuros estudios.

Vida útil estimada, consumo de energía

Vida útil y consumo de energía dependen en gran medida de la aplicación del servicio final, del comportamiento del usuario final y de la política de digitalización del país/industria considerado.

En consecuencia, se observan grandes variaciones. En el presente estudio se pretende presentar una visión global del impacto medioambiental de los servicios digitales. Por lo tanto, se ha considerado un enfoque promedio en los escenarios de uso preestablecidos.

Diferenciar los distintos usos habría permitido obtener resultados más precisos, pero ese no era el objetivo de este estudio.

Limitaciones asociadas a los indicadores

Tanto el uso del suelo como el del agua son indicadores de interés para los impactos de las TIC, pero las bases de datos del ciclo de vida aún no están lo suficientemente maduras como para evaluar los impactos con suficiente certeza: de hecho, con frecuencia los resultados responden más a errores en la cualificación de los flujos que a los impactos medioambientales establecidos.

Por lo tanto, es importante potenciar el desarrollo de estos indicadores, si bien hasta la fecha no se ha podido establecer ninguna conclusión al respecto.

Apéndices

A—Bibliografía

IPCC, 2021: Resumen para responsables políticos En: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Mas- son-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. May- cock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

Paris Agreement, FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1 (PDF). Secretaría de la CMNUCC. Archivado (PDF) del original el 12 de diciembre de 2015.

AIE. 2021. Estadísticas y datos - AIE. [en línea] Disponible en: <<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=EU-28&fuel=Electricity%20and%20heat&indicator=TotElecCons>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

AEMA. 2021. Visor de datos sobre emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, enviados por los países a la CMNUCC y al Mecanismo de Seguimiento de Gases de Efecto Invernadero de la UE (Estados miembros de la UE). [en línea] Disponible en: <<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

2019. Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers And Environmental Consequences. [PDF] OCDE. Disponible en: <<https://www.oecd.org/environment/waste/highlights-global-material-resources-outlook-to-2060.pdf>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

ISO. 2006. ISO 14040:2006 - Gestión medioambiental – Análisis de ciclo de vida– Principios y marco de trabajo. [en línea] Disponible en: <<https://www.iso.org/standard/37456.html>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

ISO. 2006. ISO 14040:2006 - Gestión medioambiental – Análisis de ciclo de vida– Requerimientos y marco de trabajo. [en línea] Disponible en: <<https://www.iso.org/standard/37456.html>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

2014. Ingeniería medioambiental (IM); Metodología para el análisis medioambiental del ciclo de vida (ACV) de los productos, redes y servicios de las

tecnologías de la información y la comunicación (TIC). [en línea] ETSI. Disponible en: <https://www.etsi.org/deliver/etsi_es/203100_203199/203199/01.03.00_50/es_203199v010300m.pdf> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

2017. Documento de orientación sobre las RCHAP, Recomendación sobre las reglas de categoría de huella ambiental de los productos (RCHAP), versión 6.3.. [en línea] Comisión Europea. Disponible en: <https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgrp/pdf/PEFCR_guidance_v6.3.pdf> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

n.d. Acerca de la base de datos WEEE del ICV. [en línea] Ecosistema. Disponible en: <<https://www.ecosystem.eco/upload/media/default/0001/02/91508a37f-34b3a821e4cdf070c4f7483625421c.pdf>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Eplca.jrc.ec.europa.eu. 2019. Plataforma Europea para los Análisis del Ciclo de Vida - Huella ambiental del Promotor (HA). [en línea] Disponible en: <<https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/developerEF.xhtml>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

NegaOctet <https://negaoctet.org/>

LCIE Department CODDE Bureau Veritas <https://codde.fr/en/our-services/software-tools>

2012. Étude Sur La Durée De Vie Des Équipements Électriques Et Électroniques - Rapport Final. [en línea] ADEME. Disponible en: <<https://bibliothèque.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/3516-etude-sur-la-duree-de-vie-des-equipements-electriques-et-electroniques.html>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Urbanmineplatform.eu. 2015. Jaco Huisman, Pascal Leroy, François Tertre, Maria Ljunggren Söderman, Perrine Chancerel, Daniel Cassard, Amund N. Løvik, Patrick Wäger, Duncan Kushnir, Vera Susanne Rotter, Paul Mähltitz, Lucía Herreras, Johanna Emmerich, Anders Hallberg, Hina Habib, Michelle Wagner, Sarah Downes. Prospecting Secondary

Raw Materials in the Urban Mine and mining wastes (Pro- SUM) - Informe final, ISBN: 978-92-808-9060-0 (impreso), 978-92-808-9061-7 (electrónico), 21 de diciembre de 2017, Bruselas, Bélgica. [en línea] Disponible en: <<http://www.urbanmineplatform.eu/homepage>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Centro Común de Investigación <https://ec.europa.eu/jrc/en>

2018. Development of a weighting approach for the Environmental Footprint.. [en línea] CCI. Disponible en:

<https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgrp/documents/2018_JRC_Weighting_EF.pdf> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

2019. Consumo y huella del consumidor: metodología y resultados - Indicadores y evaluación del impacto ambiental del consumo de la UE. [en línea] CCI. Disponible en: <<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fa4e68e9-1b69-11ea-8c1f-01aa75ed71a1/language-en>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

2019. Comunicado de prensa de Eurostat. La población de la UE supera los 513 millones de habitantes a 1 de enero de 2019. [en línea] Disponible en: <<https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/9967985/3-10072019-BP-EN.pdf/e152399b-cb9e-4a42-a155-c5de6dfe25d1>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Eur-lex.europa.eu. 2020. Legislación de la UE sobre gestión de residuos [en línea] Disponible en: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:ev0010&from=FR>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

2020. Estudio de impacto de las TIC preparado por VHK y Viegand Maagøe para la Comisión Europea, Asistencia a la Comisión Europea - Estudio de impacto de las TIC - INFORME FINAL. [en línea] Comisión Europea. - Energía. Disponible en: <<https://circabc.europa.eu/sd/a/8b7319ba-ce4f-49ea-a6e6-b28df00b20d1/ICT%20impact%20study%20final.pdf>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Malmodin, J., & Lundén, D. 2018. The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010–2015. Sustainability, 10(9), 3027. doi:10.3390/su10093027

Data.worldbank.org. 2021. PIB (dólares estadounidenses) - Unión Europea | Datos. [en línea] Available at: <<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=EU>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Data.worldbank.org. 2021. PIB (dólares estadounidenses) - Francia | Datos. [en línea] Disponible en: <<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=FR>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Insee.fr. 2020. Bilan démographique 2019 - Insee Première - 1789. [en línea] Disponible en: <<https://www.insee.fr/fr/statistiques/4281618>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Comisión Europea - Comisión Europea 2019. Sala de prensa. [en línea] Disponible en: <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_19_2933> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Hintemann, R., Hinterholzer, S., Montevecchi, F., & Stickler, T. (2020). Energy-efficient Cloud Computing Technologies and Policies for an Eco-friendly Cloud Market. Instituto Borderstep y Agencia de Medio Ambiente de Austria.

Dodd, N., Alfieri, F., Maya-Drysdale, L., Viegand, J., Flucker, S., Tozer, R., Whitehead, B., Wu, A., Brocklehurst F., Development of the EU Green Public Procurement (GPP) Criteria for Data Centres Server Rooms and Cloud Services, Final Technical Report, EUR 30251 EN, Publications Office of the European Union

EcoTransIT World. 2021. EcoTransIT World - Calculadora de Emisiones. [en línea] Disponible en: <<https://www.ecotransit.org/en/emissioncalculator/>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Lenovo.com. 2021. Regulatory Compliance | ECO Declarations | Lenovo. [en línea] Disponible en: <<https://www.lenovo.com/us/en/compliance/eco-declaration/>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Nationalreview.com. 2021. TSMC: The World's Most Important Company | National Review. [en línea] Disponible en: <<https://www.nationalreview.com/2021/04/tsmc-the-worlds-most-important-company/>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Comisión Europea. 2020. Digital Economy and Society Index (DESI) 2020. [en línea] Comisión Europea. Disponible en: <https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=67086> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Eurostat. 2021. Population change - Demographic balance and crude rates at national level. [en línea] Disponible en: <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=demo_gind&lang=en> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Gsmarena.com. n.d. Pruebas de duración de baterías - GSMarena.com. [en línea] Disponible en: <<https://www.gsmarena.com/battery-test.php3>> [Pruebas de duración de la batería .

Globalwebindex.com. 2020. Consumer Trends in Digital Device Usage - GlobalWebIndex. [en línea] Disponible en: <<https://www.globalwebindex.com/reports/device>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Club Green IT. 2021. GreenIT.fr Benchmark 2021 (professionals). [en línea] Disponible en: <<https://club.greenit.fr/benchmark2021.html>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

CREDOC. 2021. Baromètre du numérique 2021. [en línea] CREDOC. Disponible en: <<https://www.credoc.fr/publications/barometre-du-numerique-edition-2021>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

GSMA, 2020. The Mobile Economy 2020. [en línea] Disponible en: <<https://www.gsma.com/mobileeco>>



[nomy/wp-content/uploads/2020/03/GSMA_MobileEconomy2020_Global.pdf](#)> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

IDC, 2020. [en línea] Disponible en: <<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS46865120>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Singhal, P., 2005. Integrated Product Policy Pilot Project Stage I Final Report: Life Cycle Environmental Issues of Mobile Phones. [en línea] Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/239545987_Integrated_Product_Policy_Pilot_Project_Stage_I_Final_Report_Life_Cycle_Environmental_Issues_of_Mobile_Phones> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Dr. Lutz Stobbe, Marina Proske, Hannes Zedel (Fraunhofer IZM); Dr. Ralph Hintemann, Dr. Jens Clausen, Dr. Severin Beucker (Borderstep), 2015. Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland. [en línea] Disponible en: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Maagøe, V., 2018. Internal modelling files that supports the computer regulation.

Statista. 2021. Key Market Indicators - Tablet reach in CEE region 2021 | Statista. [en línea] Disponible en: <<https://www.statista.com/statistics/1134069/tablet-reach-in-cee-region/>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

AdWorld.ie. 2016. Ireland ranks 5th in Europe for tablet ownership - AdWorld.ie. [en línea] Disponible en: <<https://www.adworld.ie/2016/04/08/ireland-ranks-5th-europe-tablet-ownership/>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Ons.gov.uk. 2021. Dataset - Internet users | Office for National Statistics. [en línea] Disponible en: <<https://www.ons.gov.uk/businessindustryandtrade/itandinternetindustry/datasets/internetusers>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Internetworldstats.com. 2021. European Union Internet Usage and Population Stats | Internet World Stats. [en línea] Disponible en: <<https://www.internetworldstats.com/europa.htm>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Maagøe, V. and VITO, 2018. Preparatory study on the Review of Regulation 617/2013 (Lot 3) Computers and Computer Servers, Task 7 report Policy measures and scenario analyses, Final Version. [en línea] Disponible en: <<https://computerregulationreview.eu/sites/computerregulationreview.eu/files/Preparatory%20study%20on%20review%20computer%20regulation%20-%20>

[Task%207%20VM%2019072018.pdf](#)> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

GlobalWebIndex, 2020. GlobalWebIndex's flagship report on device ownership and usage. [en línea] p.10. [en línea] Disponible en: <<http://globalwebindex.com>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Research Nester, 2020. Global Docking Station Market 2018–2020.

AEA with Intertek, 2010. Lot 3 – Sound and imaging equipment, Ecodesign preparatory study for EC DG Grow.

Comisión Europea. 2019. Reglamento (UE) 2019/2021 de la Comisión de 1 de octubre de 2019 por el que se establecen requisitos de diseño ecológico aplicables a las pantallas electrónicas con arreglo a la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, se modifica el Reglamento (CE) n.o 1275/2008 de la Comisión y se deroga el Reglamento (CE) n.o 642/2009 de la Comisión (Texto pertinente a efectos del AEMA) [en línea] Disponible en: <<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/648e809d-1729-11ea-8c1f-01aa75ed71a1/language-en/format-HTML/source-118558953>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

IDC, 2021. PC monitor unit shipments by quarter 2021 | IDC. [en línea] Statista. Disponible en: <<https://www.statista.com/statistics/352891/global-pc-monitor-shipments-by-quarter/>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

TrendForce, WitsView and Statista, 2020. Global TV market share by type 2020 | TrendForce; WitsView; Statista. [en línea] Statista. Disponible en: <<https://www.statista.com/statistics/818389/world-tv-market-share-by-type/>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

ADEME, Lhotellier, J., Lees, E., Bossanne, E. and Pesnel, S., 2018. Modélisation et évaluation ACV de produits de consommation et biens d'équipements – Rapport. [en línea] ADEME. Disponible en: <<https://librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/1189-modelisation-et-evaluation-des-impacts-environnementaux-de-produits-de-consommation-et-biens-d-equipement.html>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

International Video Federation, 2020. Video market: Total Europe key data 2019. [en línea] Disponible en: <<https://www.ivf-video.org/market-information>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Eurostat. 2021. Curative care beds in hospitals | data.europa.eu. [en línea] Disponible en: <<https://data.europa.eu/data/datasets/vswul3c6kyohrviryew?locale=en>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Eurostat. 2021. Number of establishments, bedrooms and bed-places | Eurostat. [en línea] Disponible



en: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tour_cap_nat/default/table?lang=en> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

VAU.NET. 2021. Fernsehnutzung in Europa auch 2019 auf hohem Niveau | VAU.NET. [en línea] Disponible en: <<https://www.vau.net/tv-nutzung/content/fernsehnutzung-europa-2019-hohem-niveau>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Eurostat. 2021. Number of private households by household composition, number of children and age of youngest child | Eurostat. [en línea] Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/lfst_hhnhtych/default/table?lang=en> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Efficientgaming.eu. 2021. EFFICIENT GAMING. [en línea] Disponible en: <<http://www.efficientgaming.eu/>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

VGChartz. 2021. Yearly Hardware Comparisons - Europe - VGChartz. [en línea] Disponible en: <https://www.vgchartz.com/tools/hw_date.php?reg=Europe&ending=Yearly> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

buildcomputers.net. n.d. SSD vs HDD - Is a Solid State Drive or Hard Disk Drive Better?. [en línea] Disponible en: <<https://www.buildcomputers.net/ssd-vs-hdd.html>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

GFU and Future source, 2019. Global smart speaker unit sales by region 2019 | GFU; Futuresource. [en línea] Statista. Disponible en: <<https://www.statista.com/statistics/1006189/worldwide-smart-speaker-unit-sales-by-region/>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Canalys, 2021. Smart speaker shipments worldwide by vendor 2020 | Canalys; Statista estimates. [en línea] Statista. Disponible en: <<https://www.statista.com/statistics/796349/worldwide-smart-speaker-shipment-by-vendor/>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Canalys, 2021. Smart Speaker Analysis. [en línea] Canalys. Disponible en: <<https://www.canalys.com/analysis/smart+speaker+analysis>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021]

Citizing, 2020. Empreinte carbone du numérique en France. [en línea] Sénat. Disponible en: <http://www.senat.fr/fileadmin/Fichiers/Images/commission/Developpement_durable/MI_empreinte_environmentale/r19-555-annexe.pdf> [Consultado el 30 de septiembre de 2021]

IoT Analytics. 2021. Our Coverage. [en línea] Disponible en: <<https://iot-analytics.com/our-coverage/>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

IEA, 2019. Total Energy Model for Connected Devices, IEA 4E EDNA. [en línea]. Disponible en: <[\[cations/2019/06/A2b_-_EDNA_TEM_Report_V1.0.pdf\]\(https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/publi-cations/2019/06/A2b_-_EDNA_TEM_Report_V1.0.pdf\)> \[Consultado el 30 de septiembre de 2021\].](https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/publi-</p></div><div data-bbox=)

Data Brigde Market Research, 2020. Global Industrial IoT Market - Industry Trends and Forecast to 2027. [en línea] Disponible en: <<https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-industrial-iot-market>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

CBI.eu. 2021. The European market potential for (Industrial) Internet of Things | CBI. [en línea] Disponible en: <<https://www.cbi.eu/market-information/outsourcing-itobpo/industrial-internet-things/market-potential/>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Data Worldbank, 2021. GDP (current US\$) - European Union, Turkey, Russian Federation, World | Data. [en línea] Data.worldbank.org. Disponible en: <<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?end=2020&locations=EU-TR-RU-1W&start=2017>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Eurostat. 2021. Internet of Things - use. [en línea] Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat/product?code=isoc_ci_in_h&mode=view&language=EN> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Pirson, T. and Bol, D., 2021. Assessing the embodied carbon footprint of IoT edge devices with a bottom-up life-cycle approach. [en línea] Disponible en: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Assessing-the-embodied-carbon-footprint-of-IoT-edge-Pirson-Bol/49ac45f5d59ac2047548fd168eff62393dfdd2ed>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Eurostat. 2021. Households - level of internet access | Eurostat. [en línea] Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat/product?code=isoc_ci_in_h&mode=view&language=EN> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

CENELEC, 2019. EN 50600-1:2019 - Information technology - Data centre facilities and infrastructures - Part 1: General concepts. CLC/TC 215 - Electrotechnical aspects of telecommunication equipment. [en línea] Disponible en: <<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/clc/a5141043-2dcd-4dbf-acc6-576a94a2cd-dc/en-50600-1-2019>> [Consultado el 1 de octubre de 2021].

Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S., and J.G. Koomey (2020) «Recalibrating global data centre energy use estimates.» Science, vol 367, ISS 6481.

Hintemann, R., Hinterholzer, S., Montevicchi, F., & Stickler, T. (2020). Energy-efficient Cloud Computing Technologies and Policies for an Eco-friendly Cloud Market. Instituto Borderstep y Agencia de Medio Ambiente de Austria. Disponible en: <<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/energy-efficient-cloud-computing-technologies-and-policies-eco-friendly>

[ly-cloud-market](#)> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Cisco, 2018. Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology, 2016-2021. White Paper. [en línea] Disponible en: <https://virtualization.network/Resources/Whitepapers/0b75cf2e-0c53-4891-918e-b542a-5d364c5_white-paper-c11-738085.pdf> [Consultado el 1 de octubre de 2021].

Commission Regulation European Union, 2019. Reglamento (UE) 2019/424 de la Comisión de 15 de marzo de 2019 por el que se establecen requisitos de diseño ecológico para servidores y productos de almacenamiento de datos de conformidad con la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, y por el que se modifica el Reglamento (UE) n.o 617/2013 de la Comisión (Texto pertinente a efectos del AEMA) [en línea] Disponible en: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019R0424>> [Consultado el 1 de octubre de 2021].

RMON Networks. 2018. What's the Difference between a Switch, a Router, and a Firewall?. [en línea] Disponible en: <<https://rmonnetworks.com/whats-the-difference-between-a-switch-a-router-and-a-firewall/>> [Consultado el 1 de octubre de 2021].

Malmodin, J. and Lundén, D., 2018. The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010–2015. Sustainability, [en línea] 10(9), p.3027. Disponible en: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/10/9/3027/htm>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

GreenIT.fr, 2020. The environmental footprint of the digital world. [en línea] Disponible en: <https://www.greenit.fr/wp-content/uploads/2019/11/GREENIT_FENM_etude_EN_accessible.pdf> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

Belkhir, L. and Elmeligi, A., 2018. Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations. Journal of Cleaner Production, [en línea] 177, pp.448-463. Disponible en: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Assessing-ICT-global-emissions-footprint%3A-Trends-to-Belkhir-Elmeligi/c85484e0074fd774e1e1b026a16d4ed92a2bc23b>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

GreenIT.fr, 2020. Impacts environnementaux du numérique en France. [en línea] GreenIT.fr. Disponible en: <<https://www.greenit.fr/wp-content/uploads/2020/06/2020-06-iNum-etude-impacts-numerique-France-rapport.pdf>> [Consultado el 30 de septiembre de 2021].

B—Glosario

Acidificación

Aunque la acidificación de los océanos también está causada por otras adiciones y eliminaciones químicas, el CO₂ es el principal factor que afecta al pH. Una vez que el CO₂ se disuelve en el agua de mar, se convierte en un ácido débil que afecta principalmente a la química del carbono. El CO₂ disuelto aumenta la concentración de iones de bicarbonato (HCO₃⁻), carbono inorgánico disuelto (CT) y disminuye el pH. El agua dulce también absorbe el CO₂ atmosférico, lo que también puede reducir su pH. Además del CO₂, los valores de pH de los depósitos de agua dulce se ven alterados por la lluvia ácida, la escorrentía de nutrientes y otros contaminantes antropogénicos. El agua dulce absorbe el CO₂ por el mismo mecanismo que el agua de mar, pero la alcalinidad del agua dulce es mucho menor que la del agua de mar, debido a la ausencia de un tampón salino. Debido a la falta de salinidad, los cambios de pH en el agua dulce tienden a ser mucho mayores que en el agua del océano, debido a que los nuevos iones H⁺ liberados no son amortiguados por tantos iones de bicarbonato (HCO₃⁻) como el agua del océano. [Wikipedia]

Cambio climático

Cambios a gran escala en los patrones climáticos impulsados por las emisiones de gases de efecto invernadero inducidas por el hombre. Los mayores impulsores del calentamiento son las emisiones de dióxido de carbono y metano. La quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) para el consumo de energía es la principal fuente de estas emisiones. [Autores]

Programación en la nube

La programación en nube es la disponibilidad bajo demanda de los recursos del sistema informático, especialmente el almacenamiento de datos y la potencia de cálculo, sin una gestión activa directa por parte del usuario. El término se utiliza generalmente para describir los centros de datos disponibles para múltiples usuarios a través de Internet. Las grandes nubes, que son las predominantes a día de hoy, suelen tener funciones distribuidas en múltiples ubicaciones desde servidores centrales. Si la conexión con el usuario está relativamente cerca, se puede designar un servidor de borde. Las nubes pueden limitarse a una sola organización (nubes empresariales) o estar disponibles para muchas organizaciones (nube pública). La programa-

ción en nube se basa en compartir recursos para lograr coherencia y economías de escala. [Cisco]

Copiadora láser color

Producto de imagen disponible en el mercado cuya única función es la producción de duplicados en papel a partir de originales gráficos en papel, en múltiples colores. [Estudio de impacto de las TIC]

Impresora láser color MFD

Impresora multifuncional capaz de copiar, escanear e imprimir, que utiliza la tecnología de marcado láser (a veces denominada electrofotográfica) para imprimir en varios colores. [Estudio de impacto de las TIC]

Impresora láser color

Impresora que utiliza la tecnología de marcado láser (a veces denominada electrofotográfica) para imprimir en varios colores. [Estudio de impacto de las TIC]

Objetos conectados

Objetos que se convierten en dispositivos con acceso a Internet (IdC). Interactúan a través de sistemas integrados, alguna forma de comunicación en red, así como una combinación de programación en el borde y en la nube. Los datos de los dispositivos conectados al IdC se utilizan a menudo (aunque no exclusivamente) para crear nuevas aplicaciones para el usuario final. [Análisis del IdC]

Altavoz conectado

Un altavoz conectado o altavoz inteligente es un tipo de altavoz y dispositivo de comandos de voz que integra un asistente virtual que ofrece activación por voz e interacción mediante el uso de palabras clave. Los altavoces conectados se basan en Wi-Fi, Bluetooth y otros estándares de protocolo para proponer interacciones, como a los dispositivos de automatización del hogar o a Internet. [Autores]

Centro de datos

Estructuras o grupo de estructuras dedicadas al alojamiento centralizado, interconexión y operación de equipos de tecnología de la información y de telecomunicaciones de red que proporcionan servicios de almacenamiento, procesamiento y transporte de datos, junto con las instalaciones e infraestructuras de distribución de energía y control ambiental, junto con los niveles necesarios de resistencia y seguridad requeridos para proporcionar la disponibilidad de servicio deseada. [EN 50600-1]

Ordenador de sobremesa

Un ordenador cuya unidad principal está destinada a estar en una ubicación permanente y no está diseñada para ser portátil. Sólo es operativo con equipos externos como pantalla, teclado y ratón. [Estudio de impacto de las TIC]

Estación de carga

Una base a la que se enchufa el ordenador portátil para proporcionar una forma sencilla de conectar diferentes y múltiples equipos (señalización eléctrica, ratones inalámbricos, teléfonos inteligentes, ...). Puede servir para que los ordenadores portátiles se conviertan en sustitutos de los de sobremesa sin sacrificar la funcionalidad informática móvil del aparato. [Autores]

Pantallas electrónicas

Pantalla de visualización y los componentes electrónicos asociados cuya función principal es mostrar información visual procedente de fuentes a las que está conectada con o sin cable. [REGLAMENTO (UE) 2019/2021]

Eutrofización

Proceso por el cual toda una masa de agua o parte de ella, se enriquece progresivamente con minerales y nutrientes. La eutrofización de los ecosistemas de agua dulce se debe casi siempre a un exceso de fósforo. Antes de la interferencia humana, éste era, y sigue siendo, un proceso natural muy lento en el que los nutrientes, especialmente los compuestos de fósforo y la materia orgánica, se acumulan en las masas de agua. La eutrofización antropogénica o cultural suele ser un proceso mucho más rápido. El efecto visible de la eutrofización suele ser la proliferación de algas molestas que pueden causar una degradación ecológica sustancial en las masas de agua y corrientes asociadas. Este proceso puede provocar el agotamiento del oxígeno de la masa de agua tras la degradación bacteriana de las algas. [Wikipedia]

Equipamiento de disco duro externo

Los discos duros externos sirven para almacenar y recuperar datos cuando se conectan a un ordenador. Hay dos tipos de tecnologías de discos duros externos: HDDs (unidad de disco duro) y SSD (unidad de estado sólido). [Autores]

Teléfono móvil básico

Un teléfono móvil que conserva el factor de forma de las primeras generaciones de teléfonos móviles y que suele tener teclado, una pequeña pantalla LCD no táctil, un microteléfono, una cámara trasera y servicios de GPS. Como comparación con los "smartphones" o teléfonos inteligentes, en ocasiones se les denomina "dumb phones" o teléfonos tontos. Los teléfonos móviles básicos ofrecen funciones de llamadas de voz y mensajes de texto y algunas aplicaciones móviles básicas: calendario, calculadora, aplicaciones multimedia y un navegador web básico.. [Autores]

Consola de videojuegos

La consola es un dispositivo informático cuya función principal es jugar con videojuegos. Las consolas de videojuegos comparten muchas de las características y componentes de la arquitectura de hardware que se suelen encontrar en los ordenadores personales (por ejemplo, microprocesador(es), memoria del sistema, arquitectura de vídeo, unidades ópticas y/o discos duros u otras formas de memoria interna). [SRI]

Unidad de Disco Duro (HDD por sus siglas en inglés)

Dispositivo electromecánico de almacenamiento de datos que utiliza el almacenamiento magnético y uno o más platos rígidos de rotación rápida recubiertos de material magnético. [Autores]

Calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC por sus siglas en inglés)

El término HVAC hace referencia a la tecnología estándar del sector que proporciona servicios de calefacción, refrigeración y calidad del aire a edificios y vehículos. [Estudio de impacto de las TIC]

Toxicidad humana

La toxicidad es el grado en que una sustancia química o una determinada mezcla de sustancias puede dañar a un organismo. Los tipos de toxicidad en los que las sustancias pueden causar letalidad en todo el cuerpo, letalidad en órganos específicos, daños mayores/ menores o provocar cáncer. Definiciones globalmente aceptadas de toxicidad. La toxicidad de una sustancia puede verse afectada por diversos factores, como la vía de administración (si el tóxico se aplica a la piel, se ingiere, se inhala o se inyecta), el tiempo de exposición (breve o largo), el número de exposiciones (una dosis única o múltiples dosis a lo largo del tiempo), la forma

física del tóxico (sólido, líquido, gas), la composición genética de un individuo, el estado de salud general del individuo y muchos otros. [Wikipedia]

Impresora MFD de inyección de tinta

Impresora multifunción capaz de copiar, escanear e imprimir que utiliza la tecnología de inyección de tinta para imprimir en varios colores. [Estudio de impacto de las TIC]

Impresora de inyección de tinta

Impresora que utiliza la tecnología de inyección de tinta para imprimir en varios colores. [Estudio de impacto de las TIC]

Internet de las Cosas (IdC)

Se denomina IdC a la red mundial de dispositivos inteligentes, vehículos, edificios y otros objetos dotados de software y sensores inteligentes que permiten a estos elementos comunicarse y recoger datos. [Estudio de impacto de las TIC]

Radiación ionizante

Las radiaciones ionizantes son partículas subatómicas u ondas electromagnéticas que tienen la energía suficiente para ionizar átomos o moléculas desprendiendo electrones de ellos. Las radiaciones ionizantes no son detectables por los sentidos humanos, por lo que hay que utilizar instrumentos como los contadores Geiger para detectarlas y medirlas. La exposición a las radiaciones ionizantes provoca daños celulares en los tejidos vivos. En dosis agudas elevadas, provoca quemaduras y enfermedades por exposición a la radiación. La exposición a dosis de menor nivel durante un tiempo prolongado puede provocar cáncer. [Wikipedia]

Teléfono fijo

Teléfono que se conecta a una línea fija. Puede tratarse de un teléfono fijo que está directamente conectado a la red fija o bien puede ser un teléfono inalámbrico (normalmente un teléfono DECT) que necesita un soporte de carga que a su vez es la base que proporciona la conexión entre el auricular y la línea fija. [Estudio de impacto de las TIC]

Uso del suelo

El cambio de uso de la tierra puede ser un factor de concentración atmosférica de CO₂ (dióxido de carbono)

y, por tanto, contribuye al cambio climático global. La comunidad climática reconoce cada vez más las repercusiones sobre el clima del cambio de uso del suelo. Además, el uso del suelo es de una enorme importancia para la biodiversidad. La extensión y el tipo de uso del suelo afectan directamente al hábitat de la fauna y por lo tanto a la biodiversidad local y global. La alteración humana de la flora y el paisaje natural (por ejemplo, los espacios naturales) para modificar su uso puede dar lugar a la pérdida, degradación y fragmentación del hábitat, todo lo cual puede acarrear efectos devastadores para la biodiversidad. La transformación del terreno es la principal causa de extinción de las especies terrestres. [Wikipedia]

Ordenador portátil

También conocido como portátil, es un ordenador diseñado específicamente para la portabilidad y para ser operado durante largos períodos de tiempo, ya sea con o sin una conexión directa a la red eléctrica. Dispone de pantalla integrada. [Estudio de impacto de las TIC]

Centro de datos de proveedores de servicios gestionados (MSP)

Centro de datos que ofrece servidores y almacenamiento de datos en el que el cliente paga por un servicio y el proveedor proporciona la gestión del hardware/software necesario y el equipamiento del centro de datos. [CCI]

Teléfono móvil

Un teléfono móvil o celular es un teléfono portátil que puede realizar y recibir llamadas a través de un enlace de radiofrecuencia mientras el usuario se desplaza dentro de una zona de cobertura o servicio telefónico. Hay dos tipos de teléfonos móviles: inteligentes y básicos. En los países desarrollados, los teléfonos inteligentes han superado en uso a los teléfonos móviles primigenios. [Autores]

Fotocopiadora láser monocromo

Producto de imagen disponible en el mercado cuya única función es la producción de duplicados en papel a partir de originales gráficos en papel en un solo color. [Estudio de impacto de las TIC]

Impresora multifunción láser monocromo

Impresora multifuncional capaz de copiar, escanear e imprimir, que utiliza la tecnología de marcado láser (a



veces denominada electrofotográfica) para imprimir en un solo color.. [Estudio de impacto de las TIC]

Impresora láser monocromo

Impresora que utiliza la tecnología de marcado láser (a veces denominada electrofotográfica) para imprimir en un solo color.. [Estudio de impacto de las TIC]

Red

Una red es un grupo de sistemas informáticos conectados entre sí. Los tipos de redes incluyen la red de área local (LAN), la red de área extendida (WAN), la red de área local inalámbrica (WLAN), la red de área de almacenamiento (SAN) y la red de zona urbana (MAN). Las redes también pueden clasificarse en función de la topología, el protocolo y la arquitectura. [Estudio de impacto de las TIC]

Reducción de la capa de ozono

Fenómeno observado desde finales de la década de 1970 que incluye tanto una disminución constante de la cantidad total de ozono en la atmósfera de la Tierra (capa de ozono) como un descenso del ozono estratosférico alrededor de la región polar de la Tierra, denominado agujero de ozono. Los productos químicos manufacturados, especialmente los halocarbonos refrigerantes, los disolventes, los propelentes y los agentes espumantes son los principales causantes del agotamiento de la capa de ozono y se denominan sustancias destructoras del ozono (SDO). [Autores]

Partículas en suspensión

Las partículas de aerosol atmosférico o partículas en suspensión (PS), son partículas microscópicas de materia sólida o líquida suspendidas en el aire. Su impacto en el clima y la precipitación afectan a la salud humana de forma adicional a la inhalación directa. [Autores]

Formación de ozono fotoquímico

El ozono troposférico o a nivel del suelo se crea mediante reacciones químicas entre los óxidos de nitrógeno (gases NOx) y los compuestos orgánicos volátiles (COV). La combinación de estas sustancias químicas en presencia de luz solar forma el ozono. Su concentración aumenta a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar, con una concentración máxima en la tropopausa. Aproximadamente el 90% del ozono total de la atmósfera se encuentra en la estratosfera y un 10% en la troposfera. Aunque el ozono troposférico está menos concentrado que el estratosférico, es preocupante por

sus efectos sobre la salud. El ozono troposférico se considera un gas de efecto invernadero y puede contribuir al calentamiento global. [Wikipedia]

Eficiencia en el uso de la energía (PUE por sus siglas en inglés)

La PUE es una métrica de eficiencia energética desarrollada por un consorcio conocido como "The Green Grid". Mide la relación entre la energía total consumida por un centro de datos y la energía utilizada para el funcionamiento de sus equipos informáticos. [Estudio de impacto de las TIC]

Impresoras profesionales / IMF

Una impresora profesional o MFD que soporte un peso base superior a 141g/m²; con capacidad A3; si sólo imprime en monocromo el IPM es igual o superior a 86; si imprime en color el IPM es igual o superior a 50; resolución de impresión de 600x600 dpi o superior; peso del modelo base superior a 180 kg y varias otras características como la perforación de agujeros y la encuadernación de anillos. [Estudio de impacto de las TIC]

Proyector

Un proyector es un dispositivo óptico que procesa información de imagen de vídeo digital o analógica en cualquier formato de difusión, almacenamiento o red, para modular una fuente de luz y proyectar la imagen resultante en una pantalla externa. La información de audio, en formato analógico o digital, puede ser procesada como una función opcional del proyector. [Estudio de impacto de las TIC]

Rack

Un chasis con marco metálico que sostiene, asegura y organiza una pila vertical de hardware de red y servidor, incluyendo routers, switches, puntos de acceso, dispositivos de almacenamiento y módems. También conocido como armario de servidores [Estudio de impacto de las TIC]

Energía renovable

Energía útil obtenida de recursos renovables (lo que significa que estos recursos se reponen de forma natural en una escala de tiempo humana). Los recursos renovables son la luz solar, el viento, la lluvia, las mareas, las olas y el calor geotérmico. [Autores]



Uso de recursos, fósiles, minerales y metales

La extracción de recursos fósiles, minerales y metales incluye cualquier actividad de extracción de recursos de la naturaleza. En cuanto a los recursos naturales, su agotamiento es preocupante para el desarrollo sostenible, ya que tiene la capacidad de degradar los entornos actuales y el potencial de afectar a las necesidades de las generaciones futuras. El agotamiento de los recursos naturales se debe a los “motores directos del cambio”, como la minería o la extracción de petróleo.

[Wikipedia]

Escáner

Producto cuya función principal es convertir originales en papel en imágenes electrónicas que pueden ser almacenadas, editadas, convertidas o transmitidas.

[Estudio de impacto de las TIC]

Teléfono móvil inteligente

Teléfono móvil capaz de realizar muchas de las funciones de un ordenador y que suele tener una interfaz de pantalla táctil, acceso a Internet tanto desde redes Wi-Fi como móviles, conexión GPS y un sistema operativo (SO) capaz de ejecutar aplicaciones previamente descargadas. [Autores]

Disco de estado sólido

Dispositivo de almacenamiento de datos electromecánico que utiliza conjuntos de circuitos integrados para almacenar datos en celdas semiconductoras. [Autores]

Tableta

Un producto que es un tipo de ordenador portátil que incluye una pantalla táctil adjunta y puede tener un teclado físico adjunto. [Estudio de impacto de las TIC]

Decodificador de TV

Aparato específico de usuario final que se utiliza para decodificar las señales de televisión, anexo al televisor. La entrada puede ser por cable, IPTV, terrestre o por satélite. [Autores]

Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)

Un SAI es un dispositivo que proporciona energía de emergencia cuando falla la fuente de alimentación principal, permitiendo que los equipos sigan funcio-

nando durante un tiempo limitado. También puede proteger de las subidas de tensión. [Estudio de impacto de las TIC]

Memoria USB

Una unidad de memoria USB o unidad flash USB utiliza conjuntos de circuitos integrados para almacenar datos en celdas semiconductoras como los SSD, pero con menores capacidades. [Autores]

Uso del agua

Consecuencias medioambientales del consumo de agua, en relación con la descripción del flujo de transporte entre compartimentos de agua (por ejemplo, del río a la atmósfera a través de la evaporación) y regiones.

[Autores]

Acondicionadores de aire para salas de ordenadores (CRAC)

Los acondicionadores de aire para salas de ordenadores (CRAC) proporcionan refrigeración perimetral para salas de centros de datos y salas de servidores. Se puede instalar más de una unidad CRAC en la zona y las unidades se pueden disponer en una configuración N+X paralela/redundante para proporcionar una mayor resiliencia. Las unidades CRAC utilizan refrigerantes. Los controladores de aire para salas de ordenadores (CRAH) pueden instalarse en un tipo de instalación similar al de las unidades CRAC, pero utilizan agua fría como medio de refrigeración. Los ventiladores y serpentines de refrigeración internos se utilizan para suministrar aire frío al entorno del centro de datos. Otras tecnologías pueden incluir la refrigeración adiabática indirecta (IAC) y la refrigeración por aire libre y pueden ser más personalizadas que las gamas de productos estándar. [Entorno de la sala de servidores¹]

Los acrónimos están ordenados según las siglas en inglés.



C—Acrónimo

- 2G:** red celular de segunda generación
- 3G:** red celular de tercera generación
- 4G:** red celular de cuarta generación
- 5G:** red celular de quinta generación
- ADP:** potencial de agotamiento abiótico
- ADSL:** Línea de abonado digital asimétrica
- AI:** Inteligencia Artificial (IA)
- ATM:** Cajero automático
- BBU:** Unidad de Banda Base
- BTS:** Estación Transceptora de Base
- CC BY-SA:** Creative Commons Atribución-ShareAlike
- CFC:** Clorofluorocarbono
- CFF:** fórmula de huella circular
- CML:** Instituto de Ciencias Ambientales de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Leiden
- CML:** la metodología del Centro de Estudios Medioambientales (CML) de la Universidad de Leiden
- CO₂:** Dióxido de carbono
- CPE:** Equipo Local de Cliente
- CPU:** Unidad central de procesamiento
- CTU_e:** unidad tóxica comparativa de ecotoxicidad: expresa la fracción estimada de especies potencialmente afectadas (PAF) integrada en el tiempo y el volumen del compartimento de agua dulce
- CTU_h:** unidad tóxica comparativa humana: expresa el aumento estimado de la morbilidad (el número de casos de enfermedad) en la población humana total
- DNS:** Sistema de nombres de dominio
- DSLAM:** Multiplexor de acceso a la línea de abonado digital
- DVD:** Disco de vídeo digital
- EB:** Exabyte
- EFA:** Alianza Libre Europea
- EoL:** Fin de la Vida Útil
- eq.:** equivalente
- ETSI:** Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones
- EU:** Unión Europea (UE)
- EU-28:** Unión Europea (incluyendo 28 miembros)
- FTTx:** Cualquiera de los distintos tipos de fibra hasta el [destino], como FTTP (fibra hasta las instalaciones), fibra hasta el hogar (FTTH) y fibra hasta el edificio (FTTB)
- FW:** Cortafuegos o Firewall
- GAFAM:** Google Amazon Facebook Apple Microsoft
- GB:** Gigabyte
- GDP:** Producto interior bruto (PIB)
- GGSN:** Nodo de Soporte GPRS de Cabecera
- GEI:** Gas de Efecto Invernadero
- Gi:** Puerta de enlace a Internet
- GPRS:** Servicio General de Radio por Paquetes
- GPS:** Sistema de Posicionamiento Global
- GPU:** Unidad de Procesamiento Gráfico
- GtCO₂ eq.:** GigaTonelada de dióxido de carbono equivalente
- GWP:** Potencial de Calentamiento Global (PCG)
- HDD:** Unidad de Disco Duro
- HLR:** Registro de Posiciones Propias (RPP)
- HPC:** Ordenadores a Hiperescala
- HSP:** Nivel de especificación del hardware
- HSS:** Servidor de abonados domésticos
- IAD:** Dispositivo de Acceso Integrado (DAI)
- ITC:** Tecnología de la información y la comunicación (TIC)
- IDU:** Unidad interior (UDI)
- ILO:** Organización Internacional del Trabajo (OIT)
- IoT:** Internet de las Cosas (IdC)
- IPCC:** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
- ISO:** Organización Internacional de Normalización
- IT:** Tecnologías de la Información
- ITU:** Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)
- JRC:** Centro Común de Investigación (CCI)
- kBq:** kilobecquerelio
- kg:** kilogramo
- km:** kilómetros
- KPI:** Indicadores clave de rendimiento



- kWh:** Kilovatio-hora
- LAN:** Red de Área Local
- LCA:** Análisis de Ciclo de Vida (ACV)
- LCD:** Pantalla de Cristal Líquido
- LCI:** Análisis del inventario del ciclo de vida (ICV)
- LCIA:** Evaluación de impacto del ciclo de vida (EICV)
- LCIE CODDE Bureau Veritas:** En francés: Laboratoire Central Industries Electriques, Conception Développement Durable Environnement, Bureau Veritas. En castellano: Laboratorio Central de Industrias Eléctricas, Diseño del Entorno de Desarrollo Sostenible, Bureau Veritas
- LED:** Diodos emisores de luz
- MFD:** Cuadro de distribución principal
- MJ:** Megajulio
- MME:** Entidad de Gestión de la Movilidad
- mol H+ eq.:** Equivalente a un mol de hidrón. Un hidrón es un átomo de hidrógeno sin electrón, también conocido como protón. Desempeña un papel importante en las reacciones químicas ácido-base.
- MP3:** MPEG-1 Audio Layer III o MPEG-2 Audio Layer III. Es un formato de comprensión de audio digital.
- MSP:** Centro de datos de proveedores de servicios gestionados
- Mt:** Megatonelada
- NM VOC:** Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM)
- OAN:** Nodo de Acceso Óptico
- ODU:** Unidad Externa
- OLED:** Diodos Luminosos Orgánicos
- OLT:** Terminal de Línea Óptica
- ONT:** Terminal de Red Óptica
- OS:** Sistema Operativo (SO)
- PCB:** Bloque de control del proceso (BCP)
- PCRF:** Función de Políticas y Cobros
- PEF:** Huella Ambiental del Producto (HAP)
- PEFCR:** Reglas de Categoría de Huella Ambiental de los Productos (RCHAP)
- PJ:** Petajulio
- POS:** Punto de Venta
- PSTN:** Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC)
- pt:** puntos
- PUE:** Eficiencia en el Uso de la Energía
- QLED:** Pantalla de puntos cuánticos
- R&D:** Investigación y Desarrollo (I+D)
- ReCiPe:** Protocolo de información de configuración del encriptador remoto
- RF:** Radio Frecuencia
- RFID:** Identificación con Radio Frecuencia
- RRH:** Cabeza de radiocomunicación remota
- RRU:** Unidad de radiocomunicación remota
- Sb:** Stibium, nombre latino del Antimonio
- SD:** Tarjeta Digital Segura
- SFP:** Transceptor Enchufable de Pequeña Forma
- SGSN:** Nodo de Soporte GPRS de Servicio
- SP-GW:** Servicio/PDN-Puerta de enlace (Gateway)
- SSD:** Disco de Estado Sólido
- SUV:** Vehículo deportivo utilitario
- T:** Tonelada (métrica)
- TSMC:** Taiwan Semiconductor Manufacturing Company
- TV:** Televisión
- TWh:** Teravatio-hora
- U235:** Uranio-235
- UPS:** Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI)
- USA:** Estados Unidos de América (EE.UU.)
- USB:** Bus Universal en Serie
- W:** Vatio
- WDM:** Multiplexado por división de longitud de onda
- WEEE:** Residuos eléctricos y de equipos electrónicos, también conocidos como residuos electrónicos
- WLAN:** Red de Área Local Inalámbrica
- WMO:** Organización Meteorológica Mundial (OMM)
- xDSL:** cualquiera de las distintas tecnologías de líneas de abonado digital, como ADSL (línea de abonado digital asimétrica), HDSL (línea de abonado digital de alta velocidad) y VDSL (línea de abonado digital de muy alta velocidad).



D—Índice de tablas

	Resultados normalizados	
Tabla 1	8	Tabla 19
Resultados normalizados y ponderados		Resultados de los límites planetarios
Tabla 2—	8	Tabla 20
Indicadores de flujo añadidos		Repercusiones de los servicios digitales de la UE-28 por habitante (impactos ambientales e indicadores de flujo)
Tabla 3	8	Tabla 21
Repercusiones de los servicios digitales de la UE-28 por habitante (impactos ambientales e indicadores de flujo)		Distribución de impacto a lo largo de los 3 niveles
Tabla 4	9	Tabla 22
Repercusiones de los servicios digitales de la UE-28 por habitante (impactos ambientales e indicadores de flujo)		Distribución de impacto a lo largo de las fases del ciclo de vida
Tabla 5	9	Tabla 23
Desglose de impactos de los servicios digitales de la UE-28 (impactos ambientales e indicadores de flujo)		Distribución de impacto detallada - Enfocada a los dispositivos de usuario final
Tabla 6	11	Tabla 24
Resultados normalizados y ponderados		Distribución de impacto detallada - Enfocada a los dispositivos de usuario final - Fases de fabricación, distribución y fin de vida.
Tabla 7	12	Tabla 25
Repercusiones generales de los servicios digitales de la UE-28 (impactos ambientales e indicadores de flujo)		Distribución de impacto detallada – Enfocada a los dispositivos de usuario final – Fase de uso
Tabla 8	12	Tabla 26
Repercusiones de los servicios digitales de la UE-28 por habitante (impactos ambientales e indicadores de flujo)		Distribución de impacto detallada - Enfocada a las redes
Tabla 9	13	Tabla 27
Desglose de resultados por nivel		Comparación de impactos por GB y usuario
Tabla 10	22	Tabla 28
Conjunto completo de indicadores de impacto recomendados en la metodología de la HAP		Distribución de los impactos de la red móvil - sin fase de uso
Tabla 11	22	Tabla 29
Selección de indicadores más relevantes en base a su normalización y ponderación		Distribución de los impactos de la red fija - sin fase de uso
Tabla 12	23	Tabla 30
Adición de cuatro indicadores de flujo		Distribución de impacto detallada - Enfocada en centros de datos por tipo
Tabla 13	24	Tabla 31
Descripción de los indicadores de impacto y de flujo		Distribución de impacto detallada - Enfocada en tipos de equipo y consumo
Tabla 14	25	Tabla 32
Factores de normalización propuestos por el CCI		Análisis de sensibilidad en redes y aparatos excluidos - Datos de entrada
Tabla 15	25	Tabla 33
Factores de ponderación propuestos por el CCI		Repercusiones generales de los servicios digitales de la UE-28 (impactos ambientales e indicadores de flujo)
Tabla 16	29	Tabla 34
Repercusiones generales de los servicios digitales de la UE-28 (impactos ambientales e indicadores de flujo)		Impactos globales– Ratio de 1 TWh
Tabla 17	30	Tabla 35
Resultados normalizados		Análisis de sensibilidad en redes y aparatos excluidos - Resultados
Tabla 18	31	Tabla 36
		Análisis de sensibilidad en redes y aparatos excluidos - Enfocado en el cambio climático



Tabla 37	49
Análisis de sensibilidad - Número de aparatos - Datos de entrada	
Tabla 38	50
Análisis de sensibilidad - Número de aparatos - Resultados	
Tabla 39	50
Análisis de sensibilidad – Número de aparatos - Enfocado en el cambio climático	
Tabla 40	51
Análisis de sensibilidad - Número de aparatos - Datos de entrada	
Tabla 41	52
Análisis de sensibilidad - Vida útil de los aparatos - Resultados	
Tabla 42	52
Análisis de sensibilidad – Vida útil de los aparatos - Enfocado en el cambio climático	
Tabla 43	53
Análisis de sensibilidad - Consumo de energía de los aparatos - Datos de entrada	
Tabla 44	54
Análisis de sensibilidad - Consumo eléctrico de los equipos – Resultados	
Tabla 45	54
Análisis de sensibilidad – Consumo energético de los aparatos - Enfocado en el cambio climático	
Tabla 46	55
Análisis de sensibilidad - Consumo eléctrico de redes- Resultados	
Tabla 47	55
Análisis de sensibilidad – Consumo energético de redes - Enfocado en el cambio climático	
Tabla 48	56
Análisis de sensibilidad - Extrapolación a la UE-28- Resultados	
Tabla 49	56
Análisis de sensibilidad – Extrapolación a la UE-28 - Enfocado en el cambio climático	
Tabla 50	57
Análisis de sensibilidad - Consumo de energía de los centros de datos - Datos de entrada	
Tabla 51	57
Análisis de sensibilidad - Consumo de energía de los centros de datos - Resultados	
Tabla 52	57
Análisis de sensibilidad - Consumo energético de los centros de datos - Enfocado en el cambio climático	
Tabla 53	58
Análisis de sensibilidad - Análisis acumulativo de sensibilidad- Resultados	

Tabla 54	58
Análisis de sensibilidad – Análisis acumulativo de sensibilidad - Enfocado en el cambio climático	
Tabla 55	59
Repercusiones generales de los servicios digitales de la UE-28 (impactos ambientales e indicadores de flujo)	
Tabla 56	60
Repercusiones de los servicios digitales de la UE-28 por habitante (impactos ambientales e indicadores de flujo)	
Tabla 57	60
Resultados normalizados	

D—Índice de figuras

Figura 1	32
Distribución de impacto normalizada y ponderada a lo largo de los 3 niveles	
Figura 2	35
Distribución de impacto a lo largo de los 3 niveles	
Figura 3	36
Distribución de impacto a lo largo de las fases del ciclo de vida	
Figura 4	38
Distribución de impacto detallada - Enfocada a los dispositivos de usuario final	
Figura 5	54
Análisis de sensibilidad - Consumo eléctrico global de los equipos	
Figura 6	58
Análisis de sensibilidad - Análisis acumulativo de sensibilidad	



