

# DESCARBONIZACIÓN Y CERO EMISIONES EN EL AREA TIC.

ING. ARMANDO DE GIUSTI

ACADÉMICO TITULAR DE LA ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA  
Y DE LA ACADEMIA DE INGENIERÍA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES.  
PROFESOR TITULAR FACULTAD DE INFORMÁTICA UNLP.



Análisis del Reporte “*Towards Low-GHG Emissions From Energy Uses in selected Sectors*” » desarrollado por el International Council of Academies of Engineering and Technological Sciences (CAETs) en lo referido al sector de *Information and Communication Technologies* (Capítulo 7 del Reporte 2022 de CAETs).

<https://www.newcaets.org/wp-content/uploads/2023/02/CAETS-ENERGY-REPORT-2022-22-January-2023.pdf>

Se presenta una síntesis de los contenidos de este capítulo del Reporte, con anotaciones y datos relacionados con Argentina.

Este capítulo, luego de un resumen ejecutivo presenta 3 secciones:

**A. Introducción.**

**B. Centros de datos: la perspectiva especial que ofrece la experiencia irlandesa.**

**C. Mensajes clave y Recomendaciones.**

**A. INTRODUCCIÓN**

El consumo global de energía de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y su consiguiente impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) sigue siendo un tema controvertido, sobre el cual expertos y organizaciones a menudo expresan opiniones divergentes.

Dos factores contribuyen significativamente a tal divergencia de opiniones:

La falta de una definición precisa de qué es un sistema TIC. ¿Incluye o no entretenimiento en el hogar o tecnología financiera (Fintech), por ejemplo?

La falta de datos de medición sistemática en los diferentes países.

En la Figura 1 se ofrece una descripción simplificada de los amplios límites de los sistemas de TIC. Describe principalmente el tipo de hardware involucrado.

Los usuarios finales, por otro lado, normal-

mente cuentan con sus únicos dispositivos (hardware) y numerosas aplicaciones (software). Sin embargo, el consumo de energía de las TIC depende del hardware del sistema en general y de la energía (a menudo subestimada) utilizada para fabricar ese mismo hardware.

Por esto se muestra un esquema sintético centrado en la comunicación vía Internet (o mecanismos alternativos) con procesadores y bases de datos remotos (“en la nube”) y se marcan algunos de los ejes del consumo energético.

Hay que considerar que la fabricación de componentes “TIC” consume tanta electricidad como las operaciones de TIC, lo mismo que la energía requerida para la extracción de minerales y la producción de materiales necesarios para fabricar componentes y sistemas de TIC.

En esta figura se ve la importancia de las redes y comunicaciones en el consumo energético (Comunicaciones móviles / Redes / Routers, etc.). Estas comunicaciones se extienden desde los sensores y lo que denominamos “internet de las cosas” (IoT) que se utiliza en la industria y también en la vida diaria.

Sobre todo, este “hardware” se montan aplicaciones, en particular sistemas “inteligentes” cuyo consumo eléctrico es significativo. Las conexiones que menciona la figura 1 pueden ser por cable, fibra óptica e inalámbricas (tanto terrestres como espaciales).

Hacer computación sobre servidores (locales o en la nube) y conectar datos administrados en forma centralizada o distribuida, se combina hoy con el cómputo “en la niebla” (Fog computing) y “en los bordes” (Edge computing”), buscando minimizar la latencia en el movimiento de datos y facilitar el procesamiento local.

Lo concreto es que el procesamiento de datos y el movimiento de los mismos a través de redes constituyen uno de los puntos más significativos del consumo eléctrico “TIC” y por ende de la generación de CO2 resultante. Por otro lado sobre la misma Internet tenemos millones de usuarios finales que

# Information and Communications Technologies

## Algunas fuentes de Consumo de Energía

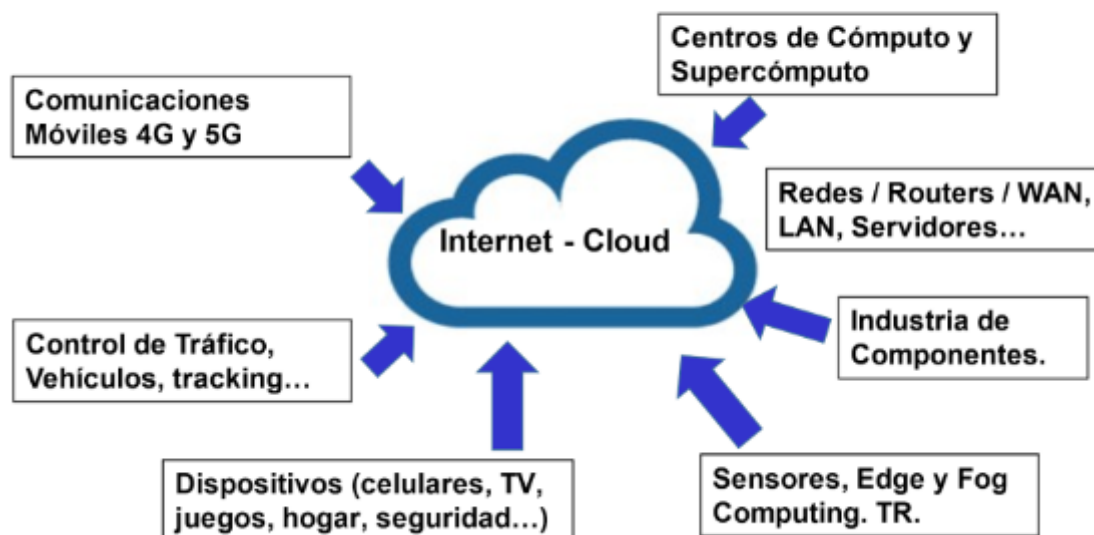


Figura 1 : Una visión sintética de las fuentes de consumo de energía en las TICs

emplean aplicaciones (locales o remotas) relacionadas con salud, entretenimiento, servicios, etc. Notar que desde las estaciones de carga de automóviles hasta el alquiler de bicicletas, el E-commerce o los sistemas bancarios, funcionan a través de Internet.

### A.1 El desafío de medir el consumo eléctrico de las TICs y su impacto en el CO2

Aunque desde un punto de vista técnico puede ser posible detallar la electricidad que consumen las TIC a nivel mundial, desde un punto de vista práctico no lo es, dados los muchos miles de millones de dispositivos en uso y la dificultad de recoger, almacenar y procesar los enormes conjuntos de datos involucrados (lo que a su vez incrementaría el consumo eléctrico en forma significativa). Los grandes operadores de TIC, como los centros de datos y los operadores de redes de comunicaciones, monitorean e informan sobre su consumo de energía; sin embargo,

esto no es posible para todos los miles de millones de dispositivos que se utilizan y están conectados a las redes.

En general la performance de los procesadores asociados con redes y centros de cómputo ha mejorado sensiblemente en los últimos años, lo cual resulta en un menor consumo de energía para una respuesta determinada. Pero al mismo tiempo, a más performance hay más demanda de servicios sobre procesadores y redes, con lo cual el consumo energético global tiende a crecer y con ello también crece la generación de GEIs.

Un punto a considerar es que dada la complejidad del sistema mostrado en la Figura 1 y el movimiento de datos críticos entre los puntos que vinculan "procesamiento" y "usuarios", proteger las redes TIC ha provocado aumentos significativos en el consumo de energía, por difícil que sea medirlos. Se produce un notable aumento del consumo de electricidad durante lo que se conoce como "ciberataques".

Una estimación actual es que aproximadamente el 10% de la capacidad de los equipos de TIC se dedica a la ciberseguridad y que el 20% de las operaciones de los sistemas de TIC se emplean de manera similar, con lo que tendríamos que el consumo anual global de energía en ciberseguridad es de unos 300 TWh. Según la reciente estimación de la Agencia Internacional de Energía (AIE) de 485 g de CO<sub>2</sub> por kWh, el total de emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> por este tema asciende aproximadamente a 150 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

Sin embargo, teniendo en cuenta que la mayoría de las operaciones utilizadas para la banca y los pagos en línea están relacionadas con procesos de autenticación y seguridad, es probable que la cantidad de electricidad realmente utilizada para proteger nuestros sistemas TIC sea significativamente mayor.

## **A.2 Hay evidencia que a mayor empleo de TICs se reduce el impacto de emisiones de CO<sub>2</sub>?**

La industria informática suele afirmar que la creciente eficiencia de los equipos digitales reduce las emisiones de GEI. A su vez quienes se preocupan por la sostenibilidad destacan el aumento proyectado del consumo de energía por parte de las TIC, así como el uso cada vez mayor de materiales raros y contaminantes para la fabricación de dispositivos y chips digitales significan un crecimiento en estas emisiones.

Presentar las TIC como medio para obtener ahorros en el consumo de energía, con la consiguiente reducción de las emisiones de GEI tiene poca evidencia científica. Los datos disponibles indican que los países con los niveles más altos de emisiones de GEI en todo el mundo son también aquellos con las mayores proporciones de penetración de TIC en sus economías.

El "Índice Bech" es una medida del volumen de actividad económica entre empresas en TIC por país. Está claro que algunos países, que han pasado de la manufactura a una economía más basada en los servicios, han

visto cómo su consumo de energía primaria y electricidad se ha mantenido estable o ha disminuido ligeramente. Al mismo tiempo, ha aumentado el "impacto del CO<sub>2</sub> importado" de estos países, debido a sus importaciones de productos manufacturados.

Si bien las "tareas" y la "educación en el hogar" basadas en Internet han reducido la necesidad de transporte, las actividades en el hogar, por otro lado, pueden haber aumentado el consumo de energía doméstica procedente de la calefacción o la refrigeración. Un análisis cuidadoso de los datos sobre el consumo de energía y el impacto del CO<sub>2</sub> durante el período Covid-19 seguramente resultará esclarecedor a este respecto.

Sin embargo, en conjunto, y sobre una base agregada país por país y a nivel mundial, hasta la fecha no hay pruebas contundentes que sugieran que la mayor penetración de las TIC haya reducido realmente el consumo general de energía o electricidad y el impacto del CO<sub>2</sub>.

En la Tabla 1 tratamos de mostrar este fenómeno:

Economías con > desarrollo TIC		Países más contaminantes en CO2			
<u>PAIS</u>	% Desarrollo TIC MUNDIAL		<u>PAIS</u>	MTn CO2	%
CHINA	19.22 %	1	CHINA	12.0 MTn	30.9 %
USA	16.36 %	2	USA	5.0 MTn	13.3 %
INDIA	8.02 %	3	INDIA	2.8 MTn	7.1 %
<u>JAPON</u>	4.05 %	4	RUSIA	2.1 MTn	5.3 %
ALEMANIA	3.16 %	5	<u>JAPON</u>	1.17 MTn	2.8%
RUSIA	2.96 %	6	BRASIL	1.14 MTn	2.7 %
BRASIL	2.49 %	7	<u>IRAN</u>	1.13 MTn	2.7%
INDONESIA	2.43 %	8	INDONESIA	1.11 MTn	2.65%
UK	2.39 %				
FRANCIA	2.29 %	9	ALEMANIA	0.80 MTn	1.9 %
		10	ARABIA Saudita	0.76 MTn	1.8%
<u>MEJICO</u>	1.77 %	11	COREA del SUR	0.75 MTn	1.7%
ITALIA	1.64 %	12	CANADA	0.66 MTn	1.5%
COREA del SUR	1.61%				
TURQUIA	1.60 %	13	TURQUIA	0.53 MTn	1.2%
ESPAÑA	1.38 %	14	<u>SUD AFRICA</u>	0.53 MTn	1.2%
<u>CANADA</u>	1.36 %	15	<u>MEJICO</u>	0.48 MTn	1.1%
ARABIA Saudita	1.25 %	16	AUSTRALIA	0.48 MTn	1.1 %
AUSTRALIA	0.99 %	17	UK	0.40 MTn	0.9%
<u>IRAN</u>	0.94 %	18	ITALIA	0.40 MTn	0.9%
EGIPTO	0.93 %	19	POLONIA	0.40 MTn	0.9%
TAIWAN	0.93 %	20	FRANCIA	0.40 MTn	0.9%

*NOTA: Esta tabla es muy similar a la original del Capítulo 7 del Reporte de CAETs, aunque está actualizada con los últimos datos publicados.*

*NOTA2: Argentina genera unas 180 MTn de CO2, según el Inventario Nacional de GEI del año 2021.*

*Tabla 1: Economías con > desarrollo TIC y países más contaminantes en CO2*

### A.3 Consumo mundial de electricidad por las TICs e impacto en las emisiones de CO2

de Energía de 2019 donde se estima el consumo de las TICs en el 8.5% del total:

En la Tabla II se presenta una tabla del reporte con datos de la Agencia Internacional

<b>Total del Consumo mundial</b>	<b>Aprox. 23.500 TWh</b>
<b>Total del Consumo de las TICs</b>	<b>Aprox. 2.000 TWh</b>
<b>Centros de Cómputo</b>	<b>Aprox. 200 TWh</b>
<b>Redes e Internet</b>	<b>Aprox. 250 TWh</b>
<b>Usuarios finales</b>	<b>Aprox. 550 TWh</b>
<b>Fabricación de Componentes TICs</b>	<b>Aprox. 1.000 TWh</b>

*Tabla II: Datos de la Agencia Internacional de Energía- 2019.*

Durante la última década, las TIC han aumentado sustancialmente su participación general en el consumo de electricidad, pasando del 4-5% hace una década al 8-10% de la producción total de electricidad en la actualidad. Debido al Covid-19, los años 2020 y 2021 son atípicos en cuanto a estimaciones energéticas.

Traducir el consumo de energía en emisiones de GEI indica que las emisiones de TIC son muy similares a las generadas por los viajes aéreos. Claramente esto depende de la fuente de generación de energía. Por esto ciertos sectores de la industria de las TIC privilegian la compra de energía de fuentes bajas en carbono para mejorar sus emisiones de CO<sub>2</sub>.

Si bien esto alienta a los productores de energía eléctrica a aumentar sus suministros de energía baja en carbono, también puede alentar la producción o transferencia de fuentes de energía no bajas en carbono hacia otros sectores de la economía o hacia países vecinos.

Canadá, que produce casi el 60% de su electricidad a partir de fuentes bajas en carbono como la hidroelectricidad o la energía eólica y solar, es un ejemplo interesante: por un lado, parte de esta energía se utiliza para extraer el gas y el petróleo de esquisto que posteriormente exporta y por otro lado, también exporta energía hidroeléctrica a los Estados Unidos de América.

Si bien esto deja a algunos sectores internos dependiendo de fuentes no bajas en carbono, también mejora el tipo de energía consumida en Estados Unidos.

Un estudio prospectivo 2015-2030 sobre el aumento de la demanda de centros de datos en Canadá, encontró que cubrir esa demanda reduciendo las exportaciones hidroeléctricas puede obligar a los EE. UU. a aumentar su propia generación de electricidad sin bajas emisiones de carbono, lo que sugiere la necesidad de optimización a nivel global. Las emisiones de carbono por kWh de electricidad varían mucho de un país a otro dependiendo de las fuentes primarias de energía que se utilizan. Países como Bélgica y Francia, que generan la mayor parte de su electricidad a partir de plantas nucleares, tienen una emisión promedio de CO<sub>2</sub> muy baja: muy por debajo de 100 g por kWh de electricidad.

Es interesante ver el caso de Argentina, donde la matriz energética tiene al gas como el componente principal (y creciente) y al petróleo en segundo lugar (y decreciente). Los planes de empleo de energías renovables se han ido cumpliendo lentamente, sin que su incidencia llegue al 15% al momento. Asimismo la generación eléctrica por las centrales nucleares se mantiene constante desde hace más de una década.

Otra preocupación medioambiental relacionada con las TIC, rara vez mencionada, es que los chips digitales utilizan actualmente casi dos tercios de los elementos de la tabla periódica, muchos de los cuales requieren energía para extraerse y también pueden contaminar cuando se desmantelan los equipos de TIC.

Nuevamente si miramos la situación actual

de Argentina, el crecimiento de la explotación del Litio (que es el componente fundamental de las baterías de la industria) conduce a una disminución de los GEIs por el empleo de baterías en electromovilidad con menor emisión de CO<sub>2</sub>. Sin embargo hay otros impactos ambientales de la explotación del Litio (en particular por el empleo de grandes volúmenes de agua) que no están en el alcance de este análisis.

#### A.4 El efecto de las tecnologías emergentes.

Desde su origen en la década de 1940, la investigación y la industria de las TIC han perseguido y logrado constantemente mayores niveles de rendimiento, mayores velocidades de procesamiento y de transmisión de datos. Estos avances han ido acompañados de un aumento constante de la penetración de las TIC en todos los sectores de la sociedad y la economía y, en general, han ofrecido grandes beneficios en materia de bienestar social.

Sin embargo, esto también ha ido acompañado de un aumento constante del consumo de energía asociado y de las emisiones de GEI derivadas de las TIC.

Dos importantes evoluciones tecnológicas actuales dan como resultado mayores aumentos en el consumo de energía de las TIC:

- La adopción de estándares 5G para redes móviles
- El uso cada vez mayor de Edge Computing.

Ambas transiciones son buenos ejemplos de la manera en que evoluciona el consumo de energía de las TIC. La Asociación del Sistema Global para Operadores Móviles (GSMA) indica que entre el 20% y el 40% de los gastos operativos de los operadores de red corresponden actualmente a electricidad, y que 5G puede causar un aumento sustancial (hasta de 4 a 5 veces) de consumo de energía en las redes.

Las generaciones posteriores de tecnología 5G bien pueden incluir avances técnicos para reducir este aumento en el consumo

de energía. Sin embargo, esto todavía es un tema de investigación.

La expansión de los dispositivos Fog y Edge, que acompañan la penetración de 5G para satisfacer las necesidades de baja latencia de las aplicaciones móviles al hacer que grandes conjuntos de datos y videos estén disponibles en las proximidades de las estaciones base móviles, también es una fuente potencial de mayor consumo de electricidad. Sin embargo, los equipos perimetrales también duplican parcialmente la nube, ya que también se necesitan repositorios permanentes seguros en la nube. Por lo tanto, podemos esperar que la electricidad necesaria para fabricar y operar los equipos Edge adicionales puede superar el consumo de electricidad que de todos modos se utilizaría para fabricar y operar servidores en la nube. Por otro lado, transferencias de datos de corta distancia más frecuentes entre dispositivos Edge y dispositivos móviles de los usuarios, para reemplazar las transferencias de larga distancia con la nube, bien pueden ahorrar electricidad "operativa" en la red.

Es interesante considerar que la tecnología 5G en sí misma consume MENOS energía que la tecnología 4G. Sin embargo, el crecimiento de la demanda por las posibilidades de transferencia de datos que da el 5G conduce a un análisis actual que indica que el consumo de energía de una estación base 5G es de 2 a 3 veces mayor que el de una instalación 4G similar que proporcione la misma área de cobertura.

Además, en estaciones base de longitudes de onda más cortas, de hasta 25 micrones, se necesitarán varias estaciones base 5G para cubrir un área similar a una única estación base 4G.

Esto implica un aumento significativo en el consumo de energía para un área de cobertura similar.

Una fuente indiscutible del reciente aumento en el consumo de electricidad por parte de las TIC es la expansión de las criptomonedas (incluidas tanto la "minería" como las ventas) y, de manera más general, el uso de

“blockchain” con transacciones distribuidas para mayor seguridad y garantizar acuerdos contractuales.

Estas tecnologías dependen crucialmente de una gran cantidad de transacciones distribuidas simultáneas en miles de servidores. Generan un tráfico intensivo y millones de transacciones distribuidas en diferentes países/regiones.

Por ende, generan un alto consumo eléctrico por procesamiento y por comunicaciones.

## **B. CENTROS DE DATOS: LA PERSPECTIVA ESPECIAL QUE OFRECE LA EXPERIENCIA IRLANDESA.**

### **B.1 Background**

Irlanda es un país pequeño (potencia pico de demanda anual <7 GW). El desarrollo económico del país ha sido impulsado durante muchos años por la inversión extranjera en alta tecnología, particularmente de empresas estadounidenses como Microsoft, Intel, Google, Amazon, Facebook, etc.

Se ha percibido que la industria eléctrica irlandesa ofrece un servicio confiable, aunque algo costoso. El sistema eléctrico está conectado con el sistema eléctrico del Reino Unido. Actualmente, la generación se realiza principalmente a gas.

Está previsto que la generación a carbón se elimine progresivamente en un plazo de cinco años y ha habido una rápida expansión de la generación eólica terrestre durante la última década.

Para la próxima década se prevé un nuevo aumento rápido de la energía eólica marina, pero estos planes pueden no ser realistas.

El objetivo actual de descarbonización para la industria energética se fija en un 80% de generación con bajas emisiones de carbono para 2030.

El Capítulo 7 del Reporte CAETs indica que este objetivo se sustenta en una planificación poco creíble.

### **B.2 Centros de Cómputo (Data centers)**

Los centros de datos comenzaron a surgir como una carga importante para el sistema irlandés hace seis años. Hay dos factores para esto:

- Radicación en Irlanda de muchas sedes europeas de empresas de alta tecnología;
- Costo de conexión relativamente bajo.

El costo del crecimiento de la red eléctrica está socializado en Irlanda y se requiere que la empresa de red (EirGrid) atienda cualquier demanda. Esto ha llevado a una necesidad significativa de nuevas inversiones en transmisión, con una significativa oposición social. Prácticamente no hay perspectivas de ubicar más cargas de servicio importantes en la zona de Dublín, la capital de Irlanda, donde ya se encuentran la mayoría de los centros de datos existentes. Este problema del suministro de energía a los nuevos centros de datos fue identificado por primera vez por la Academia Irlandesa de Ingeniería en 2019.

La cuestión se ha politizado mucho en Irlanda y muchos piden que se detenga la expansión de los centros de datos, pero la política industrial continúa apoyando la expansión de los mismos para los grandes inversores multinacionales en tecnología existentes.

Uno de los centros de datos más recientes está configurado para que la empresa china Byte Dance soporte su aplicación TikTok. La inversión de capital se estima en 420 millones de euros y la planta tendrá una demanda de energía de 60 MW. Es sólo uno de varios proyectos de este tipo.

El Operador Nacional del Sistema de Transmisión, EirGrid, ha elaborado recientemente proyecciones de demanda que muestran una rápida expansión de la demanda de electricidad para 2030, casi toda la cual se debe a la expansión del centro de datos.

Se estima que, en un escenario de expansión mediana, el 28 % de la demanda de electricidad irlandesa se originaría en centros de datos para 2031. Proyecciones más



agresivas muestran un posible aumento del 31 % para 2027.

Los problemas en la zona de Dublín se deben principalmente a la falta de capacidad de transmisión de energía. Estos problemas no pueden resolverse ni a corto ni a medio plazo y muy posiblemente ni siquiera a largo plazo.

La Comisión Irlandesa para la Regulación de Servicios Públicos (CRU) ha emitido recientemente nuevas regulaciones.

- No se permitirán más centros de datos en el área de Dublín (se procesarán las solicitudes existentes)
- La generación de reserva del centro de datos debe estar disponible en caso de que surjan problemas de suministro. EirGrid puede desconectar los centros con un aviso de 1 hora.
- Se permitirán futuros centros de datos donde puedan acomodarse fácilmente en la red de transmisión.

### **B.3 El tema de la Generación Eléctrica**

Además de los problemas de transmisión localizados, existen importantes interrogantes sobre la necesidad de que la nueva generación satisfaga el aumento de la demanda en un momento en que Irlanda ha adoptado una política de descarbonización muy ambiciosa para su industria energética.

El Gobierno ha adoptado un objetivo anual formal de un 80% de generación con bajas emisiones de carbono (principalmente eólica) para 2030. Irlanda ya tiene la penetración no síncrona del sistema (SNSP) más alta del mundo, un logro significativo para un sistema eléctrico semiaislado. A medida que el país avanza hacia un objetivo de 80% de bajas emisiones de carbono, las barreras técnicas se vuelven cada vez más altas y aumentan tanto los riesgos de resiliencia como de adecuación.

La industria de los centros de datos ha expresado su voluntad de colaborar con grandes inversores de bajas emisiones de carbono (mediante acuerdos de compra de

energía) como muestra de apoyo a las políticas gubernamentales.

El Capítulo 7 del Reporte CAETs indica que "La Academia Irlandesa de Ingeniería (IAE) no comprende cómo tales acuerdos ayudarán a alcanzar los objetivos de descarbonización durante la próxima década".

### **B.4 Decisiones y Desarrollos recientes**

La guerra en Europa del Este ha impactado a todas las industrias energéticas de Europa. La industria energética de Irlanda no es una excepción. Los precios han aumentado rápidamente debido al aumento del precio del combustible primario.

Ésta es ahora una cuestión económica y política importante, como de hecho lo es en el resto de Europa. Irlanda no tiene instalaciones de importación de gas natural licuado (GNL) y carece de instalaciones de almacenamiento de gas a gran escala.

Por lo tanto, ahora parece probable que el cierre previsto de la planta generadora de carbón de 900 MW de Irlanda en Moneypoint en 2025 no se lleve a cabo; Esta planta bien podría funcionar durante cinco años más después de su fecha de cierre prevista.

Se están preparando planes para racionar el suministro de gas si fuera necesario y cambiar varias unidades generadoras alimentadas por gas por combustible destilado. El IAE ha publicado recientemente un breve informe de asesoramiento sobre las medidas de emergencia que pueden ser necesarias. Sigue habiendo una contradicción fundamental entre el apoyo de Irlanda a la expansión de los centros de datos (una cuestión de política de desarrollo industrial) y los muy ambiciosos (aunque quizás poco realistas) objetivos de descarbonización de Irlanda.

Se han presentado como solución propuestas para "acuerdos corporativos de compra de energía" entre centros de datos y productores de energía con bajas emisiones de carbono.

El Capítulo 7 del Reporte CAETs indica que "La Academia no está de acuerdo con esta solución y considera que tales acuerdos proporcionan quizás el 40% de las necesi-

dades de energía del centro de datos a partir de fuentes bajas en carbono y el resto a través de generadores convencionales que emiten carbono.”

### **C. MENSAJES CLAVE Y RECOMENDACIONES.**

Si bien el impacto ambiental de otras industrias ha sido objeto de estudios y serias preocupaciones durante décadas, el impacto de CO<sub>2</sub> de la industria de las TIC solo ha surgido en los últimos años debido a la omnipresencia de Internet y la tecnología inalámbrica en la sociedad, con una participación creciente de las TIC en el consumo eléctrico a nivel mundial.

Debido a la complejidad de las redes informáticas y de telecomunicaciones, sin la disponibilidad de conocimientos expertos, es difícil comprender las interacciones entre las aplicaciones, el uso, la infraestructura y el consumo de energía.

Además, las TIC gozan de una reputación positiva entre los usuarios y debido a que satisfacen la necesidad esencial de la sociedad de tener comunicaciones eficientes, por lo que el sector rara vez es considerado un contaminador a los ojos de los gobiernos y el público en general.

Por el contrario, a menudo se proponen las TIC como una solución importante para evitar el impacto medioambiental de otros sectores como la aviación y el transporte.

#### **Mensaje clave**

Las TIC son y seguirán siendo un gran facilitador de mejoras sociales y de reducción del impacto ambiental de otros sectores. La sociedad depende cada vez más del desempeño y la evolución de las TIC.

Al mismo tiempo las economías más desarrolladas del mundo incluyen muchas naciones que son las más avanzadas en el despliegue de las TIC y las que emiten la mayor cantidad de GEI.

De hecho, el crecimiento exponencial continuo en el sector de las TIC trae consigo la

tendencia de la “inteligencia en todas partes”, el crecimiento de Internet de las cosas (IoT), nuevas aplicaciones de realidad virtual, realidad aumentada, realidad extendida así como la omnipresencia de los algoritmos de inteligencia artificial y la popularización de las criptomonedas se suman a nuestra vida cotidiana, implicando un alto precio en términos de consumo de energía de las TIC y emisiones de CO<sub>2</sub>.

Por lo tanto, los gobiernos, las industrias y los expertos deberían comenzar a prestar mucha atención a las soluciones de compensación que se necesitan para que se desarrolle un sector de TIC exitoso y sostenible.

Dado el estado actual y la probable evolución del sector TIC, las recomendaciones de este capítulo se centran en lo que consideramos los cuatro temas más relevantes en función de su impacto a largo plazo: consumo de energía de los centros de datos, expansión de 5G, computación en el borde y la necesidad de mejorar las métricas de consumo energético de las TIC sin olvidar la sustitución óptima de los equipos TIC para reducir las emisiones en su ciclo de vida.

### **Recomendaciones**

#### ***C.1. Consumo de energía del centro de datos***

La eficacia del uso de energía (PUE: Power Usage Effectiveness) es una métrica que se utiliza para determinar la eficiencia energética de un centro de datos. El PUE se obtiene dividiendo la cantidad total de energía que ingresa a un centro de datos por la energía utilizada para hacer funcionar los equipos de TI que contiene.

El PUE ha ido cayendo constantemente durante la última década pero, a pesar de ello, el consumo general de energía de los centros de datos ha aumentado a medida que la expansión de las instalaciones superó las mejoras en la eficiencia.

Existe una amplia variabilidad en las emisiones de GEI del centro de datos dependiendo de la fuente de suministro eléctrico. Las emisiones de los centros de datos alimen-

tados con energía hidroeléctrica o nuclear serán órdenes de magnitud menores que las de instalaciones similares alimentadas con electricidad basada en combustibles fósiles. Informes recientes indican que una gestión eficiente, incluida la reparación y actualización correcta y planificada de los equipos existentes dentro de los centros de datos, puede aumentar en gran medida la eficiencia energética general de una instalación. Se considera que las prácticas de gestión eficaces reducen a la mitad el uso total de energía en determinadas situaciones. Por ello el Capítulo 7 del Reporte CAETs recomienda:

- Aplazar en el tiempo los cálculos de las máquinas del centro de datos para favorecer el cambio de carga, el reparto de carga, la reducción de los picos de energía y el uso máximo de fuentes de electricidad con bajas emisiones de carbono;
- Mayores esfuerzos para mejorar el PUE del centro de datos;
- Minimizar las operaciones innecesarias del centro de datos; reparar y actualizar el equipo en lugar de reemplazarlo siempre que sea posible.

### **C.2 Consumo de energía de la tecnología 5G y más allá**

La tecnología de red celular 5G se está implementando a escala global. Se espera que este despliegue se acelere en el corto plazo. El consumo de energía de una estación base 5G es de 2 a 3 veces mayor que el de una instalación 4G similar que proporcione la misma área de cobertura. Además, en estaciones base de longitudes de onda más cortas, de hasta 25 micrones, se necesitarán varias estaciones base 5G para cubrir un área similar a una única estación base 4G. Esto implica un aumento significativo en el consumo de energía para un área de cobertura similar.

Ante esta realidad el Capítulo 7 del Reporte CAETs recomienda:

- Debe haber una gestión activa de la ener-

gía de las estaciones base, y debería integrarse en la planificación de optimización para dejar margen para futuras operaciones energéticamente eficientes;

- Los operadores de 5G deberían compartir infraestructura y reducir la duplicación del consumo de energía;
- Los proveedores de infraestructura deberían interactuar con las empresas eléctricas para reducir el impacto de CO<sub>2</sub> de la electricidad suministrada a las estaciones base 5G y también ayudar a reducir los picos;
- La investigación debería intentar mejorar la eficiencia energética de los dispositivos y transmisiones 5G, y debería introducirse una métrica relevante tipo PUE para comparar diferentes sistemas.

### **C.3 Computación de borde**

Edge Computing es una tecnología que reduce las comunicaciones de red al instalar el procesamiento y almacenamiento de datos cerca del usuario.

Reduce drásticamente la latencia para aplicaciones 5G “en tiempo real”, como automóviles, juegos o vídeos conectados, y también reduce las transferencias de datos de larga distancia que utilizan grandes cantidades de energía.

Sin embargo, también conlleva la incorporación de numerosos centros de datos pequeños que no sustituyen completamente a la nube, pero que no se benefician de la optimización energética de las instalaciones a gran escala.

El Capítulo 7 del Reporte CAETs recomienda:

- Llevar a cabo más investigaciones para aclarar las compensaciones entre el rendimiento, el consumo de energía y las emisiones de GEI entre los sistemas Edge y los servidores en la nube. Esto es particularmente importante en el contexto de nuevas aplicaciones que explotan los sistemas 5G, futuros 6G, Edge y Cloud.
- Desarrollar métricas de tipo PUE apropiadas para futuros sistemas integrados de computación de borde y basados en centros de datos.

- Estos deberían estar relacionados con los aspectos de baja latencia y transferencia de datos de alto volumen de las arquitecturas futuras.

#### ***C.4 Estadísticas de energía y CO2 de las TIC***

Es notoriamente difícil encontrar datos fiables y específicos para evaluar el consumo de energía de las TIC en general y de tecnologías o aplicaciones específicas. En algunos casos, los datos disponibles siguen siendo confidenciales para unas pocas partes interesadas.

La falta de estandarización dificulta además la realización de comparaciones válidas. A menos que se aborden estas cuestiones, seguirá siendo extremadamente difícil llegar a conclusiones válidas sobre el impacto de las TIC en las emisiones de GEI.

El Capítulo 7 del Reporte CAETs recomienda:

- Establecer requisitos y estándares públicos para la compilación, retención y publicación de datos sobre el consumo de energía de las TIC y las emisiones de GEI.

#### ***C.5 Reemplazo óptimo de Equipos TIC para Mejorar su Impacto Ambiental***

Dado que el consumo de energía para la fabricación de TIC representa el 50% del total, y debido al alto impacto ambiental del desmantelamiento de las TIC, es importante desarrollar políticas sensatas sobre cuándo desmantelar los equipos operativos existentes o reemplazarlos por otros equipos para lograr una mejor energía, eficiencia, mejor rendimiento y confiabilidad.

Los equipos fuera de servicio a menudo pueden repararse, mejorarse y utilizarse en diferentes contextos útiles.

## **REFLEXIONES FINALES**

La utilidad del Capítulo 7 del Reporte está fuera de discusión y forma parte de un documento de gran importancia a nivel internacional. Claramente el tema de las TIC y su impacto en la generación de GEI es un tema que requiere más datos y más investigación y análisis de los mismos. Estos estudios son relevantes por la velocidad de desarrollo del equipamiento y las aplicaciones relacionadas con las TICs.

En Argentina, la matriz energética actual nos permite un camino “razonable” en la transición energética con el crecimiento del empleo de gas sobre el petróleo en la generación de energía. Quedan muchos pasos por dar en el empleo de energía renovable para alcanzar los objetivos fijados para 2025 y 2030 en los planes del país.

En particular la generación hidroeléctrica ha ido perdiendo peso relativo en el total de generación energética.

Asimismo, la discusión sobre nuevas centrales nucleares es un tema pendiente que merece analizarse en relación con el “costo-beneficio” de las mismas y el dominio de la tecnología que puede tener Argentina.

## BIBLIOGRAFÍA INCLUIDA EN EL REPORTE

1. H. Ferreboeuf et al. Lean ICT: Towards Digital Sobriety. The Shift Project, March 2019, [https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/03/lean-ict-report\\_the-shift-project\\_2019.pdf](https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/03/lean-ict-report_the-shift-project_2019.pdf)
2. G. Kamiya. Data Centers and Data Transmission Networks. International Energy Agency, Paris, June 2020, <https://www.iea.org/reports/data-centers-and-data-transmission-networks>
3. Giorgos Fagas, John P. Gallagher, Luca Gammaitoni and Douglas J. Paul, "Energy Challenges for ICT", Submitted: March 31st, 2016 Reviewed: November 2nd, 2016 Published: March 22nd, 2017, [DOI10.5772/66678](https://doi.org/10.5772/66678)
4. P. Fröhlich, E. Gelenbe, J. Fiołka, J. Chęcinski, M Nowak, and Z. Filus, "Smart SDN Management of Fog Services to Optimize QoS and Energy", Sensors Vol. 21 (<https://doi.org/10.3390/s21093105>), p. 3105, MDPI, 2021, Open Access Creative Common CC BY
5. O. H. Abdelrahman and E. Gelenbe, "Signalling storms in 3G mobile networks", 2014 IEEE International Conference on Communications (ICC), 2014, pp. 1017-1022, doi: [10.1109/ICC.2014.6883453](https://doi.org/10.1109/ICC.2014.6883453).
6. Hans Peter Bech, "And the Winners Remain CHINA and INDIA", May 2020, doi: 10.13140/RG.2.2.10093.41440, <https://www.researchgate.net/publication/341599907>
7. G. Kamiya. Data Centers and Data Transmission Networks. International Energy Agency, Paris, June 2020, <https://www.iea.org/reports/data-centers-and-data-transmission-networks>
8. E. Gelenbe and Caseau, "The Impact of Information technology on energy consumption and carbon emissions", ACM Ubiquity Vol. 15, Issue June, Article 1, pp. 1-15, <https://doi.org/10.1145/2755977>
9. Assoc. for Comp. Machinery Tech. Council: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3483410>
10. T. Dandres, N. Vandromme, G. Obrekht, A. Wong, K.K. Nguyen, Y. Lemieux, M. Chéret and R. Samson, "Consequences of Future Data Center Deployment in Canada on Electricity Generation and Environmental Impacts. A 2015-2030 Prospective Study". Journal of Industrial Ecology, vol 21, n.5, 2016.
11. GSMA. Energy Efficiency. <https://www.gsma.com/futurenetworks/wiki/energy-efficiency-2/>
12. Assoc. for Comp. Machinery Tech. Council: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3483410>
13. <https://www.moneysupermarket.com/gas-and-electricity/features/crypto-energy-consumption/>
14. <https://www.technologyreview.com/2019/06/06/239031/training-a-single-ai-model-can-emit-as-much-carbon-as-five-cars-in-their-lifetimes/>
15. E. Gelenbe, J. Domanska, P. Fröhlich, M. P. Nowak and S. Nowak. "Self-Aware Networks that Optimize Security, QoS, and Energy", Proceedings of the IEEE, vol. 108, no. 7, pp. 1150-1167, July 2020, doi: [10.1109/JPROC.2020.2992559](https://doi.org/10.1109/JPROC.2020.2992559)
16. P. Fröhlich, E. Gelenbe, J. Fiołka, J. Chęcinski, M Nowak, and Z. Filus "Smart SDN Management of Fog Services to Optimize QoS and Energy", Sensors Vol. 21 (<https://doi.org/10.3390/s21093105>), p. 3105, MDPI, 2021. Reproduced with Permission
17. <http://iae.ie/wp-content/uploads/2019/08/Data-Centres-July-2019.pdf>

18. Tik Tok to open €600m European data centre in Ireland ([irishtimes.com](http://irishtimes.com))

19. <http://iae.ie/publications/europes-energy-crisis-implications-for-ireland/>

20. <http://www.ldescouncil.com/assets/pdf/LDES-brochure-F3-HighRes.pdf>

21. S. Boiardi, A. Capone and B. Sansò, "Planning for energy-aware wireless networks", in IEEE Communications Magazine, vol. 52, no. 2, pp. 156-162, February 2014, doi: [10.1109/MCOM.2014.6736757](https://doi.org/10.1109/MCOM.2014.6736757)

22. ACM TechBrief: Computing and Climate Change, ACM Technology Policy Council, Issue 1, November 2021

## BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL CONSULTADA

A. Ubiquity Symposium . Digital Economy Electricity Consumption by ICT: Facts, trends, and measurements by Erol Gelenbe IEEE publication – Agosto 2023

B. ICT sector electricity consumption and greenhouse gas emissions – 2020 outcome Jens Malmödin A\*, Nina Lövehagen A\*, Pernilla Bergmark A, and Dag Lundén B A Ericsson AB, 164 83 Stockholm, Sweden: [pernilla.bergmark@ericsson.com](mailto:pernilla.bergmark@ericsson.com), B Telia Company AB, 169 94 Solna, Sweden: [dag.lunden@teliacompany.com](mailto:dag.lunden@teliacompany.com)

C. Electric Transmission and Distribution Network Air Pollution Saverio De Vito , Antonio Del Giudice and Girolamo Di Francia \*

E. ENEA—Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development, P.le E. Fermi, 1, 80055 Napoli, Italy; [saverio.devit](mailto:saverio.devit)

D. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. 2021. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Argentina.

E. Review on cyber-physical and cyber-security system in smart grid: Standards, proto-

cols, constraints, and recommendations Mohammad Kamrul Hasan , Ahasan Habib, Zarina Shukur, Fazil Ibrahim, Shayla Islam, Md Abdur Razzaque Journal of Network and Computer Applications Volume 209, January 2023, 103540

F. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe\\_litio\\_-\\_octubre\\_2021.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_litio_-_octubre_2021.pdf) <https://www.seai.ie/publications/Energy-in-Ireland-2022.pdf>

G. [https://www.eirgridgroup.com/site-files/library/EirGrid/EirGrid\\_SONI\\_Ireland\\_Capacity\\_Outlook\\_2022-2031.pdf](https://www.eirgridgroup.com/site-files/library/EirGrid/EirGrid_SONI_Ireland_Capacity_Outlook_2022-2031.pdf)

H. [https://www.enerdata.net/estore/energy-market/ireland/#:~:text=Power%20Consumption&text=Services%20are%20the%20largest%20electricity,\(21%25\)%20\(2022\).](https://www.enerdata.net/estore/energy-market/ireland/#:~:text=Power%20Consumption&text=Services%20are%20the%20largest%20electricity,(21%25)%20(2022).)

I. <https://www.iea.org/energy-system/buildings/data-centres-and-data-transmission-networks>

J. [https://www.researchgate.net/figure/Trends-for-ICT-electric-power-overall-2018-to-2030-Generally-the-values-for-2018-are\\_fig2\\_331047520](https://www.researchgate.net/figure/Trends-for-ICT-electric-power-overall-2018-to-2030-Generally-the-values-for-2018-are_fig2_331047520)

K. <https://climate.selectra.com/en/carbon-footprint/most-polluting-countries>

L. <https://world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/carbon-dioxide-emissions-from-electricity.aspx>

M. <https://www.cowi.com/about/news-and-press/comparing-co2-emissions-from-different-energy-sources>

N. <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022>

O. [https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report\\_2023](https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2023)

P. <https://wisevoter.com/country-rankings/co2-emissions-by-country/#argentina>