



Real Academia de Doctores de España

CIENCIA DE DATOS, INTELIGENCIA ARTIFICIAL,
COMUNICACIONES DISRUPTIVAS: EL POTENCIAL
TRANSFORMADOR DE LO INTANGIBLE

DOCTOR D. JOSÉ RAMÓN CASAR CORREDERA

Académico de Número y Presidente
de la Sección de Ingeniería

Excmo. Sr. Presidente,
Excmos. Sras. y Sres. Académicos de la Real Academia de Doctores
de España,
Señoras, señores:

Deseo empezar este discurso celebrando que sea precisamente yo, en esta ocasión, el afortunado académico a quien corresponde dictar esta conferencia de apertura del curso de nuestra muy prestigiosa Real Academia. La oportunidad que hoy se me brinda se debe no a mis méritos sino a la generosa delegación que ha otorgado la Sección de Ingeniería. Espero no defraudar esta confianza y la de la Junta de Gobierno, ni abusar en exceso de su paciencia, apreciados Académicos.

Me propongo poner en perspectiva, desde mi muy modesto entendimiento, el presente y el futuro próximo de unas tecnologías, que nos acompañan, avanzando sigilosas e implacables, haciendo nuestra vida más fácil y cómoda a veces, y, seguramente, menos reflexiva y libre, otras. Sea como fuere, lo cierto es que no cabe sustraerse a ellas; sólo reconocer y aprovechar creativamente las oportunidades que ofrecen. Hablo de las tecnologías de la comunicación y la computación y de la ciencia de datos, que nos han traído el potencial de una sociedad “hiper-conectada” e “hiper-informada”, unas veces bien y otras peor, con sus redes sociales y sus medios.

Haré un recorrido por su evolución posible, desde su estado actual, para terminar trazando algunos escenarios de un futuro entre inventado y prospectivo, imaginado pero verosímil, que nos traerá otras costumbres, otras industrias y otras oportunidades basadas en lo intangible.

En el camino, me pararé a hacer algunas reflexiones sobre los efectos de la COVID y sobre algunos aspectos de la economía digital.

Pido disculpas anticipadas por el inevitable pero siempre excesivo uso que haré (que ya he hecho) de neologismos, anglicismos y palabras innecesarias.

Quiero empezar por recordar algo que es bien conocido por todos ustedes: el manifiesto desplazamiento de una parte relevante de la actividad económica hacia lo digital, hacia lo intangible. Podríamos visitar la cronología de los grandes cambios acontecidos desde el siglo XIX, pero hoy me conformaré con darles algún apunte de la actualidad reciente; en particular, he elegido el dato de *ranking* por capitalización bursátil (en miles de millones de dólares)¹: En 2020, entre las diez primeras compañías mundiales había siete actores digitales (Apple, Microsoft, Amazon, Alphabet, Facebook, Alibaba y Tencent), un fondo de inversión (Berkshire Hathaway), un banco (JP Morgan Chase) y una petrolera (Aramco). En 2021, estaban los mismos siete actores digitales, el mismo fondo de inversión y la empresa de automoción Tesla.

Si analizáramos lo sucedido con esta misma clasificación desde los años 80 del pasado siglo, apreciaríamos muy obviamente que a los grandes actores de la energía de los 80 (entre los diez primeros, estaban Exxon, Standard Oil, Schlumberger, Shell, Mobil y Atlantic Richfield; además de las icónicas General Electric, Eastman Kodak e IBM) sucedieron, en la preeminencia, compañías tecnológicas y de infraestructura de comunicaciones, en los 90 y 2000, como NTT, Deutsche Telecom, Lucent, Cisco, Intel o Microsoft, además de grandes bancos y algunas petroleras, como PetroChina, Exxon Mobil o Petrobras².

Como les decía, hoy, esa clasificación está dominada por las grandes compañías americanas de lo digital. Esta transformación es una manifestación del cambio de una economía basada en el bien físico, en la infraestructura, hacia el servicio, lo intangible y lo virtual. A este fenómeno acompaña la evolución de nuestros modos de comunicar, y de aprender y de comprar y de relacionarnos, que han ido parejos al avance de las tecnologías que denominamos tradicionalmente tecnologías de la información y comunicaciones (y que ahora denominamos además de varios otros modos).

¹ Ver por ejemplo <https://economipedia.com>

² <https://blogdealdeaglobal.com>

Permítanme que les recuerde (anecdóticamente): en 2020, el 93% de la población mundial tenía acceso a la red móvil de banda ancha, casi el 85% con tecnología 4G (más del 97% en Europa, el 44% en África; el 71% mundial en zonas rurales), duplicándose su cobertura desde 2015³. Las velocidades de conexión en banda ancha fija han crecido hasta ser comunes las de 600 Mb/s y hasta 1 GB/s y superiores. Si en 2005, un teléfono móvil de gama alta podía tener 64 MB de memoria, una cámara de 5 Mpíxeles, una pantalla de 2,6", 320x240 píxeles y vídeo con calidad VGA (640x480 píxeles), hoy, un *smartphone* de gama alta puede ofrecer (iPhone 13 Pro, por ejemplo) 1 TB, tres cámaras de 12 Mpíxeles, pantalla de 6,7", resolución de 2.778x1.284, vídeo en calidad HDR 4K, una variada colección de sensores y capacidad de comunicación 5G.

El desarrollo y popularización de estas tecnologías y de otras a las que me referiré más adelante, nos han traído, en unos pocos años, muy pocos, desde la breve vigencia y limitado rango de usos de las aplicaciones informáticas en soporte físico, a un mundo de servicios sensibles a la localización y a las preferencias personales, con televisión y música a la carta, transacciones *on-line*, que incluyen la compra, la banca, el estudio y el trabajo en remoto, o las comunicaciones colectivas universales e instantáneas al alcance del pulgar, por mencionar algunos de los ejemplos más evidentes y mejor conocidos.

En cualquier caso, en lo que interesa a este discurso, no hay duda de que podemos admitir que hemos llegado en 2022 a un estado de la cuestión que está enmarcado principalmente por:

- 1) El desarrollo de las redes sociales, un fenómeno aún por explotar en toda su dimensión y aplicación. Con Facebook (llamado ahora Meta) superando los dos millardos de usuarios (mensuales) activos, o WhatsApp, con más de millardo y medio, o TikTok, Instagram, Twitter o LinkedIn, todos con varios cientos de millones de usuarios en todo el mundo, bien atrás quedan las primeras redes sociales de mediados de los 90, como Botl o SixDegrees.

3 International Telecommunication Union, *Measuring Digital Development, Facts and Figures 2020*.

2) La progresiva extensión de las aplicaciones y servicios sobre la infraestructura de internet (*over-the-top*): a) las de voz y vídeo, como Zoom, Webex, Teams y tantas otras, b) las de mensajería instantánea, como WhatsApp y Telegram o c) las de vídeo y TV a la carta, como Netflix, Apple TV o Movistar Plus. Globalmente, parece imponerse otro consumo de contenidos y otra forma de comunicar en lo profesional y en lo personal, diferente a lo que vio el siglo XX.

3) En general, el desarrollo de las tecnologías de nube, a las que volveré más adelante y el concepto asociado de “como servicio” (*“as a service”*), desde el escritorio a la aplicación y a la infraestructura. Todo desde 2006, cuando se creó Amazon Web Services (aunque su desarrollo empezó en 2002; 2010 fue el año de Microsoft Azure; y 2005 el de YouTube, por cierto).

4) La implantación del 5G, con sus nuevas capacidades orientadas a garantizar calidad de servicio, ancho de banda aumentado, baja latencia y máxima fiabilidad y capacidad para comunicar dispositivos, con velocidades en movilidad superiores a 100 Mbits/s, con picos de 1 Gb/s, lo que permitirá ofrecer contenidos en altísima definición y habilitará las comunicaciones masivas entre máquinas.

5) El despegue reconocido de la economía del dato, con una variedad de posicionamientos públicos e iniciativas privadas, como el Plan España Digital 2025⁴, o la Europa Digital descrita en diversos informes, como Shaping Europe’s Digital Future⁵ o A European Strategy for Data⁶. O la formación de consorcios industriales, como IndesIA, y universitarios, como AI4EU⁷.

4 https://avancedigital.mineco.gob.es/programas-avance-digital/Documents/EspanaDigital_2025_TransicionDigital.pdf

5 https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/communication-shaping-europes-digital-future-feb2020_en_4.pdf

6 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1593073685620&uri=CELEX:52020DC0066>

7 Repsol, Gestamp, Navantia, Técnicas Reunidas, Telefónica y Microsoft crean el primer consorcio de inteligencia artificial de la industria en España, IndesIA. <https://www.computerworld.es/ne>

Pero 2020 y 2021 pasarán a la Historia no por que se implantara el 5G o porque se presentara la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial. Quedarán tristemente en la memoria como los años en los que una pandemia sobrevenida, aunque anunciada, nos paró las vidas y las economías y nos cambió las emociones y los temores.

Me permitirán que haga una mínima referencia al papel jugado por estas tecnologías durante la crisis, tan reciente y tan presente, y también a alguno de los efectos de la pandemia en la economía digital.

Sin duda, la batalla principal contra el COVID se libró en otros frentes y con otras armas; el papel de las tecnologías de la información y comunicaciones, como tales, en la gestión de la pandemia desde el punto de vista sanitario, se limitó al uso de aplicaciones, de éxito desigual dependiendo del país y del momento, y en general poco incardinadas en una estrategia global. Me refiero a las aplicaciones de geolocalización para monitorizar movimientos de población o a las aplicaciones de seguimiento de contactos o de autotest y seguimiento clínico. Posiblemente, en la lucha directa contra la pandemia, el principal papel de estas tecnologías haya sido el de habilitar la difusión general y continua de la situación a la población, el de ser el vehículo que ha permitido que los ciudadanos estuviéramos informados de las buenas prácticas de higiene y utilización de los medios de protección, y concienciados con las medidas que se fueron tomando, de confinamiento y otras, acertadas o no (que ese es otro tema). Sin prensa web, sin televisión, sin redes sociales, el control de la información sobre la pandemia hubiera sido poco mejor que el que se tuvo durante la peste negra del siglo XIV, pero en un planeta con una población, digamos, un orden de magnitud mayor que entonces.

Pero si dejamos aparte ese papel crucial, el auténtico valor de las telecomunicaciones en la crisis se mostró en los frentes económico y social, en los

gocio/la-aplicacion-industrial-de-la-ia-une-a-repsol-gestamp-navantia-tecnicas-reunidas-telefonica-y-microsoft. De la Plataforma AI4EU forman parte instituciones académicas y de investigación de toda Europa, como Universidad de la Sorbona, el INRIA, la Universidad de Bolonia, Fraunhofer, la U.T. de Berlín, la U.T. de Viena, la U. de Tecnología y Economía de Budapest, la U. de Coimbra, el CSIC o la Universidad Politécnica de Madrid, entre muchas otras, <https://www.ai4europe.eu/>

que sirvió para reordenar, siquiera mínimamente, algunas actividades económicas y cotidianas básicas, como trabajar, estudiar o comprar; y para superar, ya fuera sólo paliativamente, los efectos del aislamiento de las personas. Veremos si esas nuevas costumbres, ensayadas a la fuerza, permanecen o no. Es posible que los crecimientos tan apreciables a los que asistimos en la compra *on-line*, o en el uso de plataformas de aprendizaje a distancia o en el tiempo dedicado a la TV por internet, vuelvan a sus valores pre-pandemia. Las Universidades hemos vuelto a lo presencial, los turistas hemos vuelto a viajar y los amigos hemos vuelto a reunirnos. Pero algunas de las lecciones aprendidas y de las costumbres extendidas estos meses en todo el mundo, por mor de la COVID, se van a afianzar, al menos parcialmente, completando la consolidación social de una tendencia tecnológica imparable, hecha de internet de alta velocidad, aplicaciones en nube, y “tele-actividad”: tele-compra, tele-reunión, tele-formación, etc. Posiblemente, otras se van a potenciar, como la telemedicina y en general las aplicaciones de salud personal y otras modalidades diferentes de teletrabajo.

De lo que no cabe duda es de que en este periodo hemos tomado conciencia del carácter de auténtica infraestructura crítica de la red de telecomunicaciones, de su importancia, de su relevancia global. Por sí misma y por los otros recursos que indirectamente ha facultado durante estos meses.

Tanto ha sido así, que esta crisis incua resultó tener un impacto positivo sobre el valor bursátil de los actores digitales más importantes, al menos temporalmente. Según datos de Forbes⁸, en septiembre de 2020, en relación a su valor de diciembre de 2019, las acciones de Amazon se habían revalorizado un 70%, las de Netflix un 55%, las de Apple un 58% y las de Facebook un 28%, con crecimientos sostenidos desde poco después del comienzo de la pandemia (en Occidente). Aunque el valor en bolsa es sólo un indicador limitado, que debe necesariamente complementarse con otros para diagnosticar sobre la fortaleza de una compañía y de un sector, no cabe duda de que el dato indica que los mercados previeron mejores posiciones y mejoras futuras en los dividendos de esas empresas (o menos malas que en otros valores).

⁸ Ver *Digital Economy Compass 2020*, Statista, [https://www.statista.com/study/83121/digital-economy-compass/\(datos aproximados\)](https://www.statista.com/study/83121/digital-economy-compass/(datos%20aproximados)).

Ciertamente, otras compañías digitales sufrieron un notable impacto negativo en sus indicadores de actividad, especialmente las plataformas digitales relacionadas con los servicios asociados a la movilidad y al turismo, como Uber o Booking, por mencionarles dos ejemplos patentes.

Y, como saben, algunas otras empresas tuvieron que reinventar su actividad, al menos parcialmente, con resultados variables. Algunos de estos cambios persistirán y reorientarán el quehacer de algunos negocios tras el COVID, y otros revertirán, seguramente.

En cualquier caso, el COVID supuso un impacto a corto plazo y un impacto a medio plazo en el empleo y en el optimismo social, que aún no sabemos valorar con certeza. Según datos del INE en su nota de 5 de noviembre de 2021⁹, la tasa mensual del Índice General de Producción Industrial cayó un 12,7% en marzo de 2020 y un 22,8% en abril, para recuperarse en mayo y más lentamente a partir de junio. La tasa anual (corregida) cayó un 14,2% en marzo y un 34,4% en abril de 2020, para repuntar claramente en marzo y abril de 2021 (como es natural), con tasas positivas del 13% y del 48,4% respectivamente. Lo cierto es que, según el Banco de España, la economía española alcanzaría el nivel del PIB previo a la crisis durante 2022¹⁰. Crisis larga y cruel esta, que sólo el desarrollo de las vacunas, sólo la ciencia, pudo frenar.

Vuelvo a las Tecnologías de la Información, que son el objeto principal de este discurso. Quiero centrarme ahora, unos minutos, en algunas tendencias evolutivas previstas para los próximos quince años. Lejos de pretender hacer una predicción de adónde es posible llegar y cómo será ese futuro próximo, abordaré el mucho más simple y realista objetivo de indicar las posibles áreas en las que seguramente aparecerán algunos de los avances previstos o imprevistos. Me perdonarán el exceso técnico, que he procurado, no obstante, reducir al mínimo.

9 INE, *Notas de Prensa, 5 Noviembre 2021, Índices de Producción Industrial (IPI)*. Base 2015 Septiembre 2021.

10 Boletín Económico del Banco de España, *Informe trimestral de la Economía Española 3/2021*.

Pues bien, creo que la evolución transcurrirá en un espacio definido por cuatro ejes principales, a saber:

- el desarrollo, despliegue y expansión de la tecnología de 5G y de su próxima sucesora, la 6G, y el desarrollo asociado de las necesarias infraestructuras de comunicación fija (*backhaul*) y de las comunicaciones entre vehículos, y en movilidad en general.
- la computación ubicua, construida sobre el borde de la red (*edge*) y unas nuevas arquitecturas de nube (*cloud y cloudlets*) y de computación distribuida, impulsada por las aplicaciones de Internet de las Cosas y el propio 5G (y 6G).
- las aplicaciones, servicios y negocios basados en los datos, con las utilidades de inteligencia artificial como herramientas principales para su analítica y valorización.
- las interfaces y los nuevos modos “inmersivos” de interacción.

En la combinación creativa de estos ejes se consolidarán la mayor parte de las innovaciones y tendencias en el mundo TIC (me referiré con este acrónimo a las tecnologías de la información y comunicación, varias veces a partir de ahora).

Voy a revisar algunos de estos temas brevemente, tomando como referencia un texto que escribí recientemente para el Foro Histórico de las Telecomunicaciones, a modo de epílogo de lo acontecido y por acontecer en el sector en España¹¹.

1. El 5G se expande, evoluciona y se pone a las puertas del 6G

Como saben, llamamos 5G a la actual quinta generación de comunicaciones móviles, que sigue a la 4G, de la que no es una simple evolución incre-

11 J. R. CASAR CORREDERA, “El futuro de la Telecomunicaciones y las Tecnologías de la Información: hacia 2035”, en *Crónicas y Testimonios de las Telecomunicaciones Españolas*, Vol. 4, Ed. COIT, pp. 1573-1584.

mental, y que dará paso en unos pocos años a la 6G. Las comunicaciones 5G, por resumir, son el resultado de aplicar unas tecnologías que pueden operar en otras bandas de frecuencia, aprovechar mejor el espectro y hacer residir el control de la red en el software en vez de en el hardware.

Estas tecnologías, tanto en las bandas por debajo de 6 GHz como en la banda alrededor de los 26 GHz, y en general en el rango de las ondas milimétricas, evolucionarán paulatinamente y habilitarán nuevas aplicaciones¹² de Banda Ancha Móvil (eMBB), con velocidades de 1 Gb/s y hasta 10 Gb/s, y aplicaciones extremadamente fiables y de baja latencia (URLLC), inferior a 1ms, desde las actuales de decenas de milisegundos en las redes 4G.

Por otro lado, el desarrollo de las comunicaciones 5G no es sólo un problema de bandas de frecuencia y coberturas radio. En su esencia, depende también de la extensión y capacidades de virtualización de las infraestructuras, una tendencia imparable, con fabricantes y operadores tratando de encontrar las arquitecturas adecuadas. Los conceptos de *slicing* y el asociado de QoE¹³ serán centrales. Otros retos tecnológico-industriales serán la O-RAN¹⁴, para acelerar la evolución hacia redes más abiertas e inteligentes y el MIMO¹⁵ masivo, para gestionar coberturas de picoceldas.

La evolución conducirá a las puertas del 6G y las abrirá, con velocidades y latencias órdenes de magnitud mejores, inteligencia artificial en el móvil, comunicaciones “inmersivas” y modelos de negocio aún por descubrir.

Más allá de la mejora en la respuesta o de la calidad en general de las actuales aplicaciones, se reconoce que el valor principal y motor de su

12 Consultar, por ejemplo “*IEEE 5G and Beyond. Technology Roadmap White Paper*”, IEEE. <https://futurenetworks.ieee.org/images/files/pdf/ieee-5g-roadmap-white-paper.pdf>. (eMBB es acrónimo de *enhanced Mobile Broadband* y URLLC de *Ultra-Reliable Low-Latency Communication*).

13 *Slicing* es habilitar múltiples redes (virtuales) sobre una misma infraestructura física, permitiendo satisfacer diferentes requisitos a diferentes usuarios, incluidos los relativos a QoE (*Quality of Experience*)

14 Ver “O-RAN Use Cases and Deployment Scenarios”, White Paper, O-RAN Alliance, February 2020. (O-RAN es acrónimo de Open Radio Access Network).

15 MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) es una tecnología de comunicación que usa múltiples antenas para mejorar la calidad de transmisión-recepción.

desarrollo vendrá de la mano de aplicaciones de nicho y verticales como la realidad aumentada y virtual, el coche conectado, etc. Según un estudio¹⁶ de IHS Markit para Qualcomm, el mundo 5G generará aproximadamente 3,6 miles de millones de \$ y 22 millones de puestos de trabajo directos, con una previsión para el conjunto de todos los sectores de actividad económica de 13.000 millones de \$ para 2035.

2. La Internet de las Cosas alcanza pleno desarrollo

Con el término Internet de las Cosas (IoT) nos referimos a los ecosistemas de objetos físicos aumentados que se comunican datos entre sí y posiblemente con un control central (o no), de manera que pueden medir y actuar coordinadamente. Los objetos aumentados se integran en las redes de información y generan y comunican los datos que miden, sean estos de contaminación, de intensidad de tráfico, de ritmo cardíaco, de desgaste, o de cualquier otra variable que se pueda medir o comunicar sin la intervención explícita de un humano.

En 2035, la Internet de las Cosas estará basada en un grupo de tecnologías estandarizadas, al menos parcialmente, en determinados sectores verticales. Al avance en hardware y dispositivos en general se le sumará decisivamente el 5G en su escenario para Internet de las Cosas masiva, en el que se prevén capacidades para gestionar holgadamente un impensable número de conexiones, con fiabilidad y seguridad.

A pesar de los años que lleva el concepto en vigor (Kevin Ashton¹⁷), de la notable variedad de aplicaciones reales que denominamos de internet de las cosas, de la variedad de plataformas desarrolladas y disponibles y del enorme negocio generado (McKinsey predijo un impacto económico de \$11

16 “The 5G Economy, How 5G will contribute to the global economy”, IHS Market para Qualcomm, nov. 2019. <https://www.qualcomm.com/media/documents/files/ihs-5g-economic-impact-study-2019.pdf> Citado en el Plan España Digital 2025.

17 ASHTON, K. (2009): “That Internet of Things Thing”, RFID Journal, 22 jun, <http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That%20Internet%20of%20Things%20Thing.pdf>

billones/año en 2025)¹⁸, lo cierto es que quedan algunos retos por resolver para poder afirmar que se dispone de una tecnología madura: el despliegue práctico de las tecnologías de *edge* (de computación en el borde), la seguridad, la interoperabilidad, la integración de la analítica de los datos, el desarrollo de gemelos digitales, etc.

Los próximos quince años descubrirán el valor de estas comunicaciones entre máquinas en diversos sectores: en el sector de la movilidad en general, y el transporte en particular, incluido el coche conectado, en los procesos de producción y distribución de energía, en la gestión de la ciudad, etc. Y, sobre todo, en la llamada Industria 4.0 o la Internet Industrial, donde se esperan los mayores impactos (General Electric estimó que la internet industrial podría sumar \$2.8 billones al PIB europeo hacia 2030¹⁹).

3. La nube y la computación ubicua convergen

Han sucedido muchas cosas desde que el concepto de Computación Ubicua fuera enunciado por Mark Weiser²⁰ en 1991, cuando propuso y predijo la desaparición del ordenador personal tradicional y la aparición en su lugar de una infraestructura “invisible” de cómputo, representación y comunicación. Hasta 2005-2006, la nube comenzó a complementar al ordenador personal, principalmente con la noción²¹ de “la aplicación como servicio” (*application as a service, AaaS*). A partir de 2007, en la fase propiamente de nube, aparecen los conceptos de IaaS, PaaS y SaaS (y DaaS), que seguirán avanzando inexorablemente. El “como servicio” se refiere al hecho de que lo que tradicionalmente ha sido un producto, que se compra y se posee, pasa a ser un recurso, que se paga por el servicio que presta, o por tiempo o con otra tarificación: no se venden motores, sino horas de vuelo, el coche no se

18 <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world#>

19 <https://www.ge.com/europe/industrial-internet>

20 WEISER, M. (1991): “The Computer of the 21st Century”, *Scientific American*, vol. 265, no.3, p.94.

21 Para una introducción a los conceptos de AaaS, IaaS, PaaS y SaaS (globalmente XaaS) ver, por ejemplo: <https://www.bmc.com/blogs/saas-vs-paas-vs-iaas-whats-the-difference-and-how-to-choose/>

compra sino que se comparte, la música se escucha en *streaming* y los recursos informáticos no se poseen sino que se usan: tanto la capacidad de almacenamiento, la memoria, como los procesadores de cómputo. Y superpuesto a ello, aparece el concepto de *edge computing*, computación en el borde, como paradigma de distribución de la computación hacia el borde de la red, en la proximidad del dispositivo, como forma de mejorar los tiempos de latencia. El *edge*, el borde, es el borde de la red, la parte de la red que está próxima física y geográficamente al dispositivo o persona que se comunica. Es la nube próxima, que permite no tener que comunicar con una nube central y remota para determinadas tareas, que permite hacer cómputo con recursos distribuidos localmente y que en definitiva habilitará la computación ubicua.

Los próximos quince años verán con toda seguridad un incremento de la presencia de la computación distribuida, con arquitecturas y elementos por descubrir, a los que no serán ajenos los avances y despliegues de 5G y 6G, las nuevas generaciones de dispositivos personales (con su propia inteligencia) y las mismas infraestructuras de telecomunicaciones, con sus tecnologías de virtualización.

En la visión de Weiser, los espacios se poblarían de cientos de dispositivos “invisibles”, en la “periferia”²². Pues bien, aunque estamos lejos de la aspiración teórica última del concepto de computación ubicua, una parte relevante de esa visión se irá haciendo realidad entre la nube, el *edge* y la internet de las cosas, en una suerte de *computing continuum*. En todo caso, además, la nube global incrementará su capacidad en órdenes de magnitud, en parte debido al mismo incremento de la IoE (Internet de Todo) y de los *Big Data* y en parte por la migración a la nube, progresiva e imparable, de una mayoría de negocios.

El “como servicio” (“*as a service*”) puede que acabe incluyendo otros activos, ahora mismo no previstos, hacia un “todo como servicio” (XaaS) como paradigma dominante. Es muy probable que ese paradigma incluya a la propia red de telecomunicaciones, a medida que los grandes (y pequeños) clientes demanden servicios de red especializados (que se proveerán con funciones virtualizadas).

22 WEISER, M. and BROWN, S. (1995): “Designing Calm Technology”, Xerox Park, <http://www.ubiq.com/weiser/calmtech/calmtech.htm>

4. Interacción avanzada

En los próximos quince años, asistiremos también al desarrollo de nuevas interfaces y otros modos de interacción mejorada. Principalmente, las interfaces de realidad aumentada y virtual, tantas veces traídas y llevadas, podrán ser realidad en diversos sectores, gracias especialmente a la mejora en el ancho de banda de las comunicaciones. De hecho, Oliver Wyman²³ identifica la realidad virtual como el caso tractor que guiará la demanda de ancho de banda móvil masivo, con *streaming* en tiempo real, compartido en los *social media* y proporcionando experiencias “inmersivas”.

Serán pioneros determinados sectores, por ejemplo, los de Juegos, Comunicaciones, Comercio e Industria (Diseño, Fabricación y Mantenimiento). Pero ningún dominio será ajeno: ni el Turismo, ni la Educación, ni la Medicina. Justo en los días en que escribo estas líneas, Facebook, que ha cambiado su nombre a Meta, ha anunciado su proyecto Metaverso²⁴, un concepto de mundo virtual, un universo paralelo que revolucionará nuestra idea y percepción de internet, que quitará internet de las pantallas y la llevará a las gafas de realidad virtual.

Las tecnologías de interacción tienen retos más allá de la necesidad de ancho de banda y de recursos de computación, singularmente en movilidad. Uno de ellos es el de avanzar radicalmente los dispositivos de captura y representación. Sea con hologramas o con otras tecnologías, la interacción “inmersiva” con modelos 3D es hoy aún dependiente de dispositivos sofisticados y caros. El otro gran reto es el de la producción de contenidos. Existe un gran número de herramientas y plataformas para desarrollar aplicaciones de realidad aumentada y virtual y en forma de app para móviles. Sin embargo, la producción de contenidos sigue siendo un proceso en gran medida costoso y especializado, como regla general.

23 https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/v2/publications/2017/oct/Technical_Future_Telcos_WEB.pdf

24 Ver por ejemplo <https://www.bbc.com/mundo/noticias-59109358>

5. Datos, algoritmos e inteligencia artificial

Se estima²⁵ que la cantidad de datos generados en 2025 alcanzará la cifra de 175 billones de terabytes. Esa inaprensible cantidad implicará tres evoluciones, al menos.

La primera será la evolución de las arquitecturas para su manejo y procesamiento, a la espera de una disrupción práctica, que podría llegar desde la computación cuántica.

La segunda será otra ola de progreso explosivo de las técnicas de inteligencia artificial, especialmente en lo que se refiere a los algoritmos de Aprendizaje Automático (*Machine Learning*) y Aprendizaje Profundo (*Deep Learning*). Se anticipan avances aún más extraordinarios que los experimentados en la última década en las áreas que dependen de la disponibilidad de datos, a medida que las iniciativas de Datos Abiertos (*Open Data*) y otras recojan y almacenen colecciones inmensas de datos, tanto estructurados como no estructurados. Entre esas áreas están el reconocimiento e identificación de imágenes, con su miríada de aplicaciones en seguridad, emergencias, personalización, etc.; la detección de anomalías para la alerta temprana de eventos (averías, intrusiones, enfermedades, etc.); las aplicaciones sobre voz, especialmente la traducción automática de calidad, y en general todas las basadas en procesado de lenguaje natural; la gestión de las redes de telecomunicaciones y la reacción temprana frente a ciberataques, etc.

La tercera será la proliferación de negocios basados en la explotación de datos para la mejora de los productos y servicios ofrecidos por uno mismo o un tercero y la extensión de las iniciativas de interés público basadas en la captura y el análisis finalista de los datos en determinados sectores o verticales de nicho (transporte, distribución, medio ambiente, etc.), un fenómeno que lleva ya algunos años observándose.

25 European Commission 2020, Strategic Foresight Report https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/strategic_foresight_report_2020_1.pdf

Es muy probable, por ello, que en los próximos quince años se avance también muy significativamente en la solución de algunos de los grandes problemas intensivos en datos aún por resolver en muchas áreas de la ciencia, de la ingeniería y de la actividad económica en general, como en Meteorología, Espacio, Biología, Medicina, Energía, Clima, etc.

Sin duda alguna, este universo de los datos e inteligencia artificial ha de ser reconocido como uno de los más decisivos en el devenir del futuro tecnológico y social de la Humanidad. Entre los retos a enfrentar, además de los mismos tecnológicos, está el sociopolítico de cómo compartir e intercambiar determinados datos entre comunidades, respetando los legítimos intereses, seguridad y derechos de todas las partes y también el reto socioeconómico de cómo valorizarlos con justedad y eficacia.

Pero también y sobre todo está el de cómo hacer frente a lo que se ha dado en denominar “infobesidad, infodemia o infoxicación”, expresando la dificultad creciente para interpretar la inmensidad de datos acopiados, identificar la información relevante en un océano de páginas sin clasificar ni calificar o para discernir la información verdadera y valiosa de la falaz, tendenciosa o irrelevante, simplemente.

6. Y nuevas industrias

En cualquier caso, los avances tecnológicos que se van a producir y las transformaciones evolutivas o revolucionarias que nos traerán, como en toda época, se acompañarán con los tiempos sociales y económicos. El cambio pues en las industrias específicas (tradicionales y emergentes) será un asunto supeditado al resultado confluyente de lo geoestratégico, lo político y lo económico, al menos. La crisis pandémica de 2020 nos ha mostrado, por si lo habíamos olvidado en los últimos muchos años, que un acontecimiento sobrenido, como una disrupción científica o tecnológica, puede cambiar dramáticamente el paso y aun el sentido de un progreso previsto.

Pero sea como fuere, los avances de estas tecnologías se van a producir; y no van a circunscribir su presencia a las propias industrias de la econo-

mía digital, sino que impactarán en la actividad de otros sectores industriales y en las cadenas completas de provisión de servicios, como ya está sucediendo, por otra parte.

Tendremos industrias basadas en la digitalización de los procesos, pero también de los propios productos fabricados, en una mutación hacia lo que se ha dado en denominar “servitización”, que implica una mejor comprensión de los clientes y el diseño de una oferta de servicios añadidos sobre los productos físicos. Y con operaciones optimizadas también en los grandes servicios públicos, la gestión de la movilidad, el cuidado de la salud, la distribución de energía, etc., contribuyendo a los objetivos de una economía más circular, con menos residuos y menos carbono; pero también con mayor eficiencia, mejor empleo y más valor.

Creo que podemos dar por descontado el desarrollo de determinados sectores verticales estratégicos que impulsarán el abaratamiento, la extensión y la sofisticación de estas tecnologías y servicios: serán el coche conectado²⁶, los vehículos aéreos no tripulados²⁷, el mundo de los juegos, las comunicaciones profesionales de alta calidad y realismo, etc. Los desarrollos liderados por esos sectores y por otros facilitarán, a su vez, el despliegue de nuevos negocios, como ha sucedido siempre históricamente con las innovaciones.

También podemos dar por descontado el desarrollo de negocios basados en nuevos modos de presentar (y capturar) la información e interactuar con ella, con paradigmas de realidad virtual y aumentada, en general de visualización volumétrica, y otras maneras de comunicación natural y amable, táctil, gestual y verbal. Los sectores multifacéticos del Entretenimiento, la Salud, la Educación y el Comercio serán quizás pioneros, pero no serán ajenos otros.

26 Según las previsiones de la Asociación Nacional de Vendedores de Vehículos a Motor, Reparación y Recambios, en 2025, el 35% de los vehículos estarán conectados a la red y en 2030 esta cifra alcanzará alrededor del 40%. <https://www.ituser.es/actualidad/2021/08/la-industria-del-motor-ante-el-coche-conectado-estos-son-sus-retos-digitales>.

27 Según <https://www.fomento.gob.es/nr/rdonlyres/7b974e30-2bd2-46e5-bee5-26e00851a455/148411/planestrategicodrones.pdf>, la industria europea de las aeronaves no tripuladas tendrá en 2035 un volumen de negocio anual superior a 10.000 millones de euros al año y en 2050 de 14.600 millones de euros.

Y desde luego, asistiremos a un constante crecimiento de los negocios basados en la explotación de los datos, representando una faceta más del deslizamiento irreversible de una parte de la economía de lo tangible a lo intangible (según un reciente informe, el tamaño de la economía digital en España se puede cifrar en casi el 19%, con un valor directo del 9% y un indirecto e inducido del 9,6%²⁸). Les ponía al principio algunos ejemplos. Otros son las iniciativas para la construcción de una European Cloud Federation, con el objetivo de coordinar las generadas a su vez por los estados miembros de la UE, como Gaia-X²⁹, o las varias sectoriales y transversales sobre inteligencia artificial, como la española Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial, que explícitamente menciona, por cierto, el objetivo de procurar una inteligencia artificial con valores humanistas, inclusiva y sostenible. Más allá de las palabras biensonantes, no nos queda más que reconocer anticipadamente, como les decía al principio, la presencia de este nuevo fenómeno inevitable, inminente, invasivo y estratégico.

Ese reconocimiento del valor estratégico de las industrias basadas en los datos podría conducirnos de nuevo al dilema entre nacionalización y globalización, el mismo que se ha reabierto recientemente con la crisis COVID. La dificultad en el suministro de equipamientos esenciales para hacer frente a las necesidades sanitarias (respiradores, tests, etc.), puesta de manifiesto públicamente durante la crisis, ha desatado una corriente de opinión re-nacionalizadora de las industrias esenciales, y avivado el debate entre la conveniencia de reindustrializar o apoyar asimétricamente a las industrias nacionales frente al modelo de producción globalizada.

Lo mismo cabe plantearse con las fuentes de suministro energético, las materias primas estratégicas, la industria de defensa y seguridad, etc. Pues podría ser el caso también de las industrias de los datos, como activo estratégico que perfilará la economía, pero también la seguridad, la resiliencia, el bienestar y hasta la educación global de las sociedades. Quien tenga el acceso a los

28 Economía Digital en España, Boston Consulting Group y adigital, <https://www.adigital.org/economia-digital-en-espana/>

29 <https://www.gaia-x.eu/>

datos y a las herramientas de análisis tendrá la ventaja sobre ese activo, como el que tiene la llave del suministro del gas o la capacidad de extraer materias o fabricar productos esenciales.

Nadie discute que las cadenas de valor globales comportan mayor eficiencia, pero tampoco que, en una situación de crisis sobrevenida, la eficiencia no es necesariamente la cualidad más importante. Por otro lado, la nacionalización autárquica no sería sostenible en el medio plazo, por pura falta de competitividad. Y, por otro lado, los estados europeos, ni siquiera los más grandes, tienen dimensión suficiente para enfrentar el duopolio China-USA.

Posiblemente una nueva globalización de la producción de determinados bienes debería plantearse a nivel europeo, con cierto amparo ante la evidente desprotección nacional y europea frente a los gigantes económicos y tecnológicos. Sin embargo, la última crisis de la COVID también ha demostrado lamentablemente que la coordinación europea está lejos de ser sobresaliente, incluso en situaciones de extrema urgencia y necesidad.

La actividad de las industrias de los datos posiblemente requiera y reclame un tratamiento distinto, una perspectiva diferente, global, pero con una salvaguardia nacional y local. Tendría sentido conservar esta capacidad autóctona sobre este intangible único, como lo tendría conservar otros intangibles preciosos como la I+D, el talento o la educación. Tenemos los recursos para no perder este tren. Otros trenes los perdimos en los siglos XVIII, XIX y XX por pura pobreza social, empresarial y política. Pero este tren nos espera, aunque no indefinidamente.

Si no podemos investigar y producir aislados en un mundo de conocimiento global, tampoco podemos dejar que inventen y produzcan “ellos”, incondicionalmente. Esta es ciertamente una posición personal, que sé que comparten la mayoría de ustedes; como sé que comparten el objetivo primordial de procurar mantener un sistema solvente de ciencia-tecnología-industria.

A modo de epílogo

Vuelvo a las tecnologías de la información y comunicaciones. Para ir terminando, quiero ponerles algunos ejemplos de escenarios o situaciones a los que podría conducirnos la evolución virtuosa de estas tecnologías, a medio y largo plazo; anticipo que no son más que ejemplos inventados y no se pueden tomar de otra manera, aunque, como les decía al principio, creo que todos son posibles, lejos de la ensoñación y de la ciencia-ficción, aunque también de la prospectiva rigurosa. He optado por quedarme con nueve.

1) Seremos capaces de comunicar, de compartir experiencias. No simple voz o texto o fotos o vídeo de alta calidad o la ficción realista en tres dimensiones que comunicamos ahora, sino más que eso, el conjunto de sensaciones locales (sensoriales, informacionales, psicológicas) que componen una experiencia. Eso será posible gracias a los avances en las tecnologías de visualización y de representación espacial, como la realidad aumentada, y a la capacidad de codificar y reproducir estimulaciones de otros sentidos, prominentemente el tacto, lo háptico; y en un futuro más lejano, pero no remoto, lo cerebral, mediante sensores y estimuladores implantados. Se podrá estar virtualmente en cualquier lugar y tiempo pasado³⁰ en el que un miembro de una red social haya estado y haya registrado y almacenado los detalles necesarios para reconstruir su experiencia, en algún lugar accesible de la nube.

2) Podremos disfrutar de una interpretación personal, humana y diferente de los espacios, percibidos no solamente en claves visuales³¹ de volúmenes, formas, texturas y colores estáticos, sino mediados y transformados por las tecnologías multimedia personales³². Será posible en general adaptar la percepción de los espacios y determinadas cualidades de los objetos a las propias preferencias y a las circunstancias. Esto será algo más que una domótica personalizada o inteligente; será la mezcla de lo físico y virtual, en lo que

30 SCHMIDT, A. (2015): "Perception Beyond the Here and the Now", *Human Computer Confluence*, vers.73, http://www.pervasive.jku.at/hccvisions/book/pdf/HC2_Visions.pdf, pp. 63-65.

31 BENYON, D. (2014): *Spaces of Interaction. Places for Experience*, Morgan and Claypool Publishers.

32 Cf. KRONHAGEL, C (ed) (2010) *Mediatecture*, Springer-Verlag, Vienna.

algunos han dado en llamar espacios aumentados o mixtos. Esos espacios nuevos y amables serán hospitales, museos, restaurantes, recintos deportivos, tiendas, auditorios, plazas, parques...

3) Podremos aspirar a tener ciudades que gestionen todos sus recursos inteligentemente a partir de datos medidos permanente y ubicuamente³³: sus infraestructuras, su transporte, sus servicios, incluidos los de salud, seguridad, información u ocio; no sólo para conseguir la máxima posible eficiencia en el uso, sino también y principalmente para dar el mejor servicio ciudadano de manera personal y humanizada.

4) Serán viables y comunes la atención y seguimiento médicos ambulatorios; también el diagnóstico remoto temprano, el tratamiento de la mayoría de las enfermedades crónicas y el ajuste preciso de dosis y la monitorización de sus efectos, con sensores *in-vivo*, aplicaciones específicas y extraordinarios recursos de espacios de datos y razonamiento en las nubes sanitarias, con métodos de aprendizaje automático, que mejorarán sus indicadores de éxito a medida que aprendan tratando y analizando más y más casos. El papel del médico evolucionará para proveer la inteligencia “superior”, por encima de procesos que pueden ser codificados y tratados de manera rutinaria. La respuesta a lo imprevisto deberá ser humana en el medio plazo, pero lo imprevisto se podrá detectar precoz y automáticamente. Ciertamente, estas posibilidades las habilitarán las tecnologías de la información, sensores y datos, pero requerirán del concurso imprescindible de avances en las ciencias de la salud y en otras.

5) Podremos disfrutar en casa y en otros espacios públicos y privados del arte que ahora tenemos que visitar ex profeso, al menos de una parte de él, un arte que podrá ser ubicuo, experiencial, que será mucho más que lo que ahora tenemos con la música de alta calidad en nuestros dispositivos o las visitas 3D a museos y objetos. De nuevo la calidad de la comunicación de banda ancha, la mejora en los dispositivos y tecnologías de representación y la capacidad de almacenar y recuperar datos nos permitirá reconstruir no sólo

33 OFFENHUBER, D. and RATTI, C. (EDS) (2014): *Decoding the City: Urbanism in the Age of Big Data*, Birkhäuser Verlag.

objetos sino también relaciones, no sólo texturas visuales sino también táctiles, no sólo multimedia tradicional de alta calidad sino volúmenes, matices, sonidos y ambientes.

6) Será posible disfrutar de relaciones sociales y profesionales en el mundo virtual más naturales que las que hemos sido capaces de mantener durante esta pandemia, con nuevos medios expresivos de creación cooperativa, y no necesariamente vinculados a un dispositivo de sobremesa o portátil. Probablemente podamos aspirar así a tener un trabajo más amable y unas relaciones sociales más variadas. Ello será posible gracias al desarrollo de nuevas formas de interacción, basadas en comunicaciones de banda ancha y baja latencia, que permitirán, por poner sólo dos ejemplos, la realidad virtual cooperativa, con varias personas actuando con naturalidad sobre el mismo objeto virtual, o la comunicación verbal entre personas hablando distintos idiomas, pero escuchando en el propio, a modo de un renovado esperanto tecnológico.

7) Una realidad rural habitable y sostenible podrá ser una opción sin desventaja insalvable para los que la elijan, quizás entrañando una solución parcial al fenómeno de la Europa rural, que ocupa más del 80% de su territorio y representa más del 30% de su población³⁴; y, en nuestro caso, singularmente en la España vaciada. Lo rural será una opción porque estará conectado con los recursos en las mismas condiciones que lo metropolitano, y por tanto podrá garantizar una misma educación, una misma cultura y un mismo derecho de uso de lo esencial y de lo accesorio. Ello será posible si se consigue equilibrar el coste del despliegue y mantenimiento de las infraestructuras de comunicación necesarias con los beneficios económicos y sociales generales y de calidad de vida individual que reportará.

8) El transporte de personas y mercancías conocerá una nueva organización, basada en la flexibilidad y las capacidades de las nuevas plataformas, incluidos los recursos de gestión de flotas y re-planificación. A las capacidades de drones y vehículos autónomos se sumará el concepto del transporte sin

34 A long-term Vision for the EU's Rural Areas. Comisión Europea, 30.6.2021.

esperas, el transporte como servicio. Será el concepto de transporte personalizado, concepto éste de personalización de los servicios que será universal, y que alcanzará a la educación, al deporte individual o al ocio.

9) La inteligencia y la memoria aumentadas. La información instantánea bajo demanda, resultado de combinar la llamada internet táctil, que se refiere a la reacción de baja latencia que habilitarán las tecnologías 5G y 6G, con recursos de todo tipo disponibles en la nube próxima (de computación, de información, de traducción, etc.) permitirán llevar a la vista, al oído o al cerebro de las personas el recurso informacional requerido, sea este una palabra, un texto, una imagen o una experiencia. Las tecnologías de interacción, incluidas las interfaces cerebrales, pero también las interfaces hápticas, gestuales y las basadas en voz, etc. permitirán aumentar las capacidades cognitivas de las personas y superar las limitaciones de determinadas discapacidades en una sociedad envejecida.

Reconozco que algunos de estos escenarios son más fruto de lo que creo posible que de lo que creo demostrable, y que alguno representa más lo que quiero que sea que lo que espero, pero ninguno de ellos es en sí mismo de ciencia ficción, repito. Tampoco ninguno será un logro exclusivo de las TIC. Requerirán la confluencia multidisciplinar con otras disciplinas, incluidas especialmente las sociales. Y además habrán de tener una visión solidaria para el tercer mundo, superpoblado y con unas infraestructuras tan deficientes como imprescindibles para una vida digna en el siglo XXI.

Estos escenarios van a ser posibles por tres grandes habilitadores, a modo de resumen:

Primero: la computación ubicua y en nube, que permitirá dotar, en todo lugar, a cada rincón, de capacidad de cálculo, de medida y de interacción.

Segundo: los espacios de datos e información, que permitirán acceder a repositorios incontables sobre los que aplicar técnicas de inteligencia artificial, eficientes y éticas, para la mejor economía, pero también para el mejor bienestar.

Y tercero: por el dominio de unas comunicaciones disruptivas, aumentadas, ubicuas y globales, combinadas con nuevos modos de interacción, desde lo virtual a lo háptico, entre humanos, entre humanos y objetos y entre objetos entre sí, constituyendo un ecosistema de ecosistemas, capaz de modificar la naturaleza de los espacios y de las relaciones.

Voy concluyendo: este que les describo es lo opuesto al mundo feliz de la irónica obra de Aldous Huxley, en el que la absurda perfección organizativa y tecnológica había eliminado el arte, la ciencia y hasta el amor. Al contrario, lo tecnológico no sólo tiene que ser compatible con el pensamiento, la libertad y la felicidad, sino que debe constituir su mejor garantía. La web, la comunicación total, el acceso universal a los datos es el contrapunto de la estúpida Hipnopedia del Mundo Feliz³⁵ de Huxley.

Es inútil resistirse a estos avances. Es inútil decir que esto sólo nos hará más ignorantes o menos humanos. Esas reticencias comprensibles, que se han tenido históricamente frente a otros avances, incluidos la televisión, internet o el móvil, terminaron por sucumbir ante la obstinación de su provecho.

Recuerden los casos bien conocidos de la escritura o la imprenta: En Fedro de Platón, Sócrates, dialogando con Fedro, cuenta que el rey Tamus le reprochaba al inventor Teut, en relación a la escritura que había inventado: “Ella sólo producirá el olvido en las almas de los que la conozcan, haciéndoles despreciar la memoria; confiados en este auxilio extraño abandonarán a caracteres materiales el cuidado de conservar los recuerdos, cuyo rastro habrá perdido su espíritu”³⁶. O en el siglo XV respecto de la imprenta, cuando el editor veneciano Hieronimo Squarciafico llegó a sostener que la abundancia de libros hacía a los hombres menos estudiosos³⁷.

35 HUXLEY, A., *Brave New World*, 1932.

36 Traducción de Patricio de Azcárate y del Corral. <https://www.e-torredebabel.com/Biblioteca/Platon/Fedro.htm>

37 Citado en CARR, N. (2008) “Is Google Making Us Stupid?” <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2008/07/is-google-making-us-stupid/306868/>

Pero si carece de sentido resistirse, también carece de sentido no intentar formular una visión. Porque los creo vigentes, replico unos párrafos que escribía hace ya casi seis años³⁸: “las tecnologías de la información y comunicación nos están ofreciendo unas oportunidades inéditas, inestimables, que esta Humanidad informada tendría que saber aprovechar para ordenar su futuro. Necesitamos visiones y conceptos globales. Necesitamos saber qué hacer con esta marea incesante de tecnologías provocativas. Necesitamos ponderar qué grandes objetivos merecen la pena. Esto no implica intentar trazar las rutas precisas para alcanzarlos. Una visión es lo contrario de una planificación; es más bien una premonición, una explicación a priori de adónde se podría llegar o cómo podría ser el futuro, sin acertar necesariamente con la forma exacta que adoptará o cómo se alcanzará.”

Es el caso, ahora, de la ingeniería de datos, la analítica y la inteligencia artificial. El potencial transformador de esos intangibles es colosal. La llamada a veces economía del conocimiento, basada en los intangibles socializados, en una sociedad mejor informada y más culta, con ciudadanos mejor educados y más capaces, con instrumentos más poderosos y accesibles generará, como ha sucedido históricamente, otras oportunidades y probablemente otras costumbres.

Nos conviene contribuir responsablemente a construir las visiones para que ese potencial transformador se invierta en hacernos también más libres, más felices, más humanos.

He dicho.

38 CASAR, J.R. (2016), “Transformaciones Audaces de las Tecnologías de la Información: los Espacios, el Conocimiento, los Otros”, Discurso de ingreso como Académico en la Real Academia de Doctores de España, 30 marzo 2016, <https://radoctores.es/doc/CASAR,%20José%20Ramón.pdf>