



Institut Interuniversitari López Piñero d'Estudis Històrics i Socials, sobre
Ciència, Tecnologia, Medicina i Medi Ambient

Programa de Doctorat: Història de la Ciència i Comunicació Científica

Universitat de València

**La inteligencia artificial, la robótica autónoma
y el big data en la narrativa de una
Europa unida en la diversidad**



TESIS DOCTORAL

Presentada por: Arturo Gradolí Sandemetro

Dirigida por: Pedro Ruiz-Castell

València, abril de 2021

Departament d'Història de la Ciència i Documentació de la Universitat de València

Institut Interuniversitari López Piñero d'Estudis Històrics i Socials, sobre Ciència, Tecnologia,
Medicina i Medi Ambient

Titulació: Història de la Ciència i Comunicació Científica

Tesis doctoral: La inteligencia artificial, la robótica autónoma y el big data en la narrativa de
una Europa unida en la diversidad. Director: Pedro Ruiz-Castell

Autor: Arturo Gradolí Sandemetro

Prof. Dr. Pedro Ruiz-Castell, profesor titular del Departament d'Història de la Ciència i Documentació de la Universitat de València

CERTIFICA

Que la presente Memoria, titulada: La inteligencia artificial, la robótica autónoma y el big data en la narrativa de una Europa unida en la diversidad, ha sido realizada bajo mi dirección por D. Arturo Gradolí Sandemetrío para optar al grado de Doctor. Lo que hago constar en cumplimiento de la legislación vigente.

València, 16 de abril de 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'P. Ruiz-Castell', with a stylized flourish at the end.

Firmado: Pedro Ruiz-Castell

Agraïments

A Pedro Ruiz-Castell perquè ha contribuït de manera resolutive en la realització d'aquesta tesi doctoral amb valuoses recomanacions i aportacions.

A la meua família, Paqui, Artur i Carles, pel seu suport i suggeriments en els àmbits de la medicina, la teleinformàtica i la indústria.

A Adela García Aracil (CSIC), Antonio Hervás Jorge (UPV), Carolina Moreno Castro (UV), Domingo García-Marzá (UJI), Manuel Sanchis i Marco (UV) i Vicent Bottí Navarro (UPV), per la seua labor en el Tribunal Avaluador de la tesi.

ÍNDICE

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1) | INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1) | PRESENTACIÓN Y OBJETIVOS | 1 |
| 1.2) | MATERIAL Y MÉTODOS | 4 |
| 1.3) | ESTRUCTURA DE LA TESIS | 9 |
| | PARTE PRIMERA | 11 |
| 2) | EL CAMBIO TECNOLÓGICO EN LA SOCIEDAD | 13 |
| 2.1) | PARADIGMA DETERMINISTA | 14 |
| 2.2) | SISTEMAS TECNOLÓGICOS DE GRAN ESCALA | 19 |
| 2.3) | ESTADIO INICIAL: INVENCIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN | 22 |
| 2.4) | ESTADIO DE ADAPTACIÓN: ESTILO TECNOLÓGICO | 24 |
| 2.5) | ESTADIO INERCIAL: CRECIMIENTO, COMPETENCIA Y CONSOLIDACIÓN | 27 |
| 3) | LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL, LA ROBÓTICA AUTÓNOMA Y EL BIG DATA | 31 |
| 3.1) | INTELIGENCIA ARTIFICIAL: AGENTES RACIONALES CON AUTONOMÍA | 32 |
| 3.2) | MACHINE LEARNING: LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL QUE APRENDE | 38 |
| 3.3) | UNIÓN EUROPEA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL | 42 |
| 3.4) | BIG DATA: RECURSO DIGITAL PARA GENERAR CONOCIMIENTO | 46 |
| 3.5) | NUBE DE DATOS Y SUPERCOMPUTACIÓN | 51 |
| | PARTE SEGUNDA | 57 |
| 4) | LAS POLÍTICAS ESTRATÉGICAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO | 59 |
| 4.1) | PROGRAMAS TECNOLÓGICOS ESTRATÉGICOS DE I+D+I | 60 |
| 4.2) | PROYECTOS FINANCIADOS CON PROGRAMAS MARCO Y JRC | 66 |
| 4.3) | ASOCIACIONES PÚBLICO-PRIVADAS EN IA, RA Y BD | 69 |
| | <i>Características y síntesis</i> | 71 |
| 5) | LA TRADUCCIÓN AUTOMÁTICA EN LA DIVERSIDAD CULTURAL EUROPEA | 73 |
| 5.1) | HERENCIA DEL MULTILINGÜISMO EN LA EUROPA UNIDA EN LA DIVERSIDAD | 74 |
| 5.2) | ALBORES DE LA DIGITALIZACIÓN | 76 |
| 5.3) | PLANES DE ACCIÓN PARA LAS TRADUCCIONES AUTOMATIZADAS | 78 |
| 5.4) | ANOMALÍA PRESUNTA EN LOS SISTEMAS CONVENCIONALES | 82 |
| 5.5) | IA: NEURAL MACHINE TRANSLATION | 84 |
| | <i>Características y síntesis</i> | 86 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 6) | LA CIENCIA MÉDICA DIGITAL | 89 |
| 6.1) | DOCTORA ROBOT | 90 |
| 6.2) | QUE LAS MÁQUINAS CONTINÚEN SIENDO MÁQUINAS | 94 |
| 6.3) | PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO | 97 |
| | <i>Características y síntesis</i> | 102 |
| 7) | LA INDUSTRIA INTELIGENTE, INNOVADORA Y SOSTENIBLE | 105 |
| 7.1) | ECONOMÍA DIGITAL E INDUSTRIA 4.0 | 106 |
| 7.2) | ROBÓTICA: MOTOR EUROPEO | 108 |
| 7.3) | AGENDA DIGITAL Y MERCADO ÚNICO DIGITAL | 110 |
| 7.4) | ESTRATEGIA INDUSTRIAL Y TECNOLÓGICA «AI MADE IN EUROPE» | 115 |
| | <i>Características y síntesis</i> | 121 |
| 8) | LA ECONOMÍA DE LOS DATOS: BIG DATA. | 123 |
| 8.1) | LOS TIEMPOS ESTÁN CAMBIANDO | 124 |
| 8.2) | CONSTRUYENDO LA ECONOMÍA DE LOS DATOS | 128 |
| 8.3) | ÁMBITOS PRIVADOS Y PÚBLICOS CON EL BIG DATA | 131 |
| | <i>Características y síntesis</i> | 135 |
| 9) | EL CONTEXTO INTERNACIONAL: CHINA, EEUU Y UE | 137 |
| 9.1) | EL CAMBIO TECNOLÓGICO SE ACELERA | 138 |
| 9.2) | PRINCIPALES ESTRATEGIAS I+D+I | 140 |
| 9.3) | RASGOS TECNOLÓGICOS | 147 |
| | <i>Características y síntesis</i> | 149 |
| 10) | LOS MARCOS JURÍDICOS | 151 |
| 10.1) | PRODUCTOS DEFECTUOSOS Y SECTOR DE LAS MÁQUINAS | 152 |
| 10.2) | REGLAMENTO SOBRE DATOS PERSONALES | 157 |
| 10.3) | REGLAMENTO SOBRE DATOS NO PERSONALES | 162 |
| | <i>Características y síntesis</i> | 166 |
| 11) | EL MARCO ÉTICO | 169 |
| 11.1) | GOOD AI SOCIETY | 170 |
| 11.2) | LA FORMA DE ABORDAR LA IA DEFINIRÁ EL MUNDO EN EL QUE VAMOS A VIVIR | 175 |
| 11.3) | «IA FIABLE PARA EUROPA» | 177 |
| 11.4) | DIRECTRICES ÉTICAS INTERNACIONALES | 184 |
| | <i>Características y síntesis</i> | 185 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 12) | LAS NARRATIVAS DE LA INTEGRACIÓN EUROPEA | 187 |
| 12.1) | CLICHÉ NARRATIVO | 188 |
| 12.2) | EUROPA SE HACE EN LAS CRISIS | 191 |
| 12.3) | EUROPA NECESITA UNA NUEVA NARRATIVA INTEGRADORA | 194 |
| | PARTE TERCERA | 199 |
| 13) | RESULTADOS Y CONCLUSIONES | 201 |
| 13.1) | RESULTADOS | 201 |
| 13.2) | CONCLUSIONES | 213 |
| 14) | EPÍLOGO | 217 |
| | PARTE CUARTA | 219 |
| 15) | BIBLIOGRAFIA E ÍNDICES | 221 |
| 15.1) | FUENTES PRIMARIAS | 221 |
| 15.2) | FUENTES SECUNDARIAS | 237 |
| 15.3) | SITIOS WEB | 247 |
| 15.4) | ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS | 272 |
| 16) | ANEXOS | 273 |
| | <i>Anexo A. Comparación cualitativa en los Estudios Sociales de la Tecnología</i> | 273 |
| | <i>Anexo B. Elementos clave de la evidencia empírica</i> | 276 |
| | <i>Anexo C. Proyectos SPARC</i> | 282 |
| | <i>Anexo D. Deep fake</i> | 293 |
| | <i>Anexo E. Autómatas de Hefesto</i> | 297 |
| | <i>Anexo F. Instituciones y organismos de la Unión Europea</i> | 298 |
| | <i>Anexo G. Modelos políticos de Europa</i> | 304 |
| | <i>Anexo H. Breve historia de la Unión Europea desde la mirada STEDA</i> | 306 |

Lista de abreviaturas y siglas

| | |
|---------|---|
| AI | Artificial Intelligence |
| AI-HLEG | High-Level Expert Group on Artificial Intelligence Grupo de Expertos de Alto Nivel en IA |
| BD | Big Data |
| CEE | Comunidad Económica Europea |
| CESE | Comité Económico y Social Europeo |
| EEE | Espacio Económico Europeo |
| I+D+i | Investigación, Desarrollo e Innovación |
| IA | Inteligencia Artificial |
| LTS | Large Technological Systems Sistemas Tecnológicos de gran escala |
| PE | Parlamento Europeo |
| RA | Robótica Autónoma |
| STEDA | Sistema Tecnológico Europeo Digital Avanzado |
| TIC | Tecnologías de la Información y las Comunicaciones |
| TPG | Tecnologías de Propósito General |
| UE | Unión Europea |

1) INTRODUCCIÓN

1.1) Presentación y objetivos

EL PROPÓSITO DE ESTA TESIS DOCTORAL es comprender cómo se han construido socialmente la inteligencia artificial (IA), la robótica autónoma (RA) y el big data (BD) en Europa entre 1950 y 2019. ¿Puede reconocerse alguna narrativa basada en estas tecnologías que hubiese influido en el proceso de integración de los Estados europeos? ¿Emergió algún estilo tecnológico de la IA genuino de la Unión Europea? Daremos cuenta de ambas incógnitas y algunas más, a partir de un marco teórico surgido de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología: los Sistemas Tecnológicos de gran escala (Large Technological Systems).

A tal efecto, averiguaremos si las tecnologías objeto de estudio constituyen este tipo de sistema tecnológico tratando de identificar su ciclo de vida y una amplia y compleja construcción social. Una vez elaborado el marco conceptual teórico, y para comprender qué sucedió, cómo, cuándo, dónde y por qué, se inspeccionarán, entre otros, los documentos institucionales de la Unión Europea desde un enfoque multidimensional: tecnología, medicina, industria, economía, legislación, ética y política.

Este análisis histórico científico nos permitirá dar respuesta a la posible existencia de un estilo tecnológico europeo de la IA, la RA y el BD constituido por valores, creencias y formas de vida, que aludiría a un modo de pensar, diseñar, producir y usar estas tecnologías de acuerdo a los fines sociales que se persigan. Un estilo tecnológico que, a fin de cuentas, pudiese alimentar una narrativa humanista y tecnológica con la que Europa refuerce su integración, desplegando estrategias que satisfagan las aspiraciones de su ciudadanía, y aumentando la eficiencia de las instituciones públicas y la competitividad de las empresas en todos los sectores de la economía.

Sectores como la automoción y la aeronáutica en los que Europa es una potencia al igual que en la robótica convencional, dado que produce más de la cuarta parte de los robots a nivel global. Estos ámbitos de la fabricación son tractores de la economía que están muy relacionados con la IA, y por lo tanto favorecen la innovación de la robótica inteligente o autónoma con la que encabeza la digitalización de la industria mundial. Asimismo, la Unión Europea ha demostrado con los Programas Marco de investigación y desarrollo tecnológico y con la estrategia «AI Made in Europe», encontrarse fuerte para competir con otras potencias.

Una estrategia que más allá de estar diseñada para aumentar las capacidades de una economía digitalizada, inteligente, innovadora y sostenible, trata de colmar las necesidades de los europeos con una IA ética, segura y centrada en el ser humano que apoye la fuerza de las empresas y de la administración, del mundo académico y de la comunidad científica y tecnológica. Unas fortalezas que impulsen un joven Mercado Único Digital, favorecido tanto por la decisión de la Comisión Europea de eliminar los obstáculos a la libre circulación de los datos de carácter no personal en el Espacio Económico Europeo, como por el impulso a la computación de alto rendimiento y la nube de la ciencia abierta. Unas decisiones políticas encaminadas a potenciar la innovación en la economía de los datos que, sin duda, fomentarán la integración de Europa.

La oportunidad de esta investigación reside en el hecho de la incuestionable utilidad social que tienen en la actualidad la IA, la RA y el BD, tecnologías de propósito general que tienen una enorme influencia en muchos campos del conocimiento teórico y práctico, así como en todo tipo de institución pública o privada de cualquier sistema económico y político. Además, su aplicación incidirá profundamente en las próximas décadas en las relaciones sociales y económicas de todas las comunidades del planeta, por lo que comprender el proceso de su construcción social aportará una valiosa mirada a la posibilidad de proyectar ese futuro.

Un proceso, aún inacabado, que comenzó poco después de finalizar en 1945 la última gran guerra europea, con unas narrativas sociales, políticas y económicas que afianzaron la paz, la solidaridad y la reconciliación entre los Estados y que representaron el ideal de la democracia, del progreso y de la modernidad social. No obstante, a lo largo de la historia surgieron algunas dificultades sobre sus planteamientos constitutivos que dieron lugar a crisis existenciales y de identidad, y a la necesidad de crear nuevas narrativas para impulsar su integración y la cohesión de los europeos conviviendo en una Europa unida en la diversidad.

La investigación de esta tesis doctoral es verdaderamente apasionante y merecedora de ser abordada con entusiasmo para responder también a cuestiones como: ¿Por qué la Comisión Europea se decantó por promover la traducción automática de idiomas y cuándo y por qué se incorporó la IA? ¿Quién o qué sería el responsable legal de los posibles errores de una IA en los casos de diagnosticar erróneamente una enfermedad o emitir un tratamiento médico quizá fatal? ¿Existe algún marco jurídico o ético que regule la IA, la RA y el BD? ¿En qué situación se encuentran estas tecnologías en Europa frente a países como China y Estados Unidos? Cuestiones que, desde diferentes perspectivas nos proporcionarán instrumentos para tratar de comprender qué es Europa y cómo ha evolucionado, y también, a razonar o imaginar su próxima historia.

1.2) Material y métodos

El material y los métodos utilizados en esta investigación científica han sido escogidos con el propósito de alcanzar el máximo rigor epistemológico de la forma más eficaz y eficiente. La base documental está constituida por cerca de 500 fuentes primarias y secundarias que se encuentran en libros y revistas impresas, en medios electrónicos digitales y en internet. Una vez que demos cuenta de las fuentes y de la metodología de trabajo que hemos utilizado, documentaremos el método de comparación cualitativa debido a que se trata de una adaptación *ad hoc* de los métodos comparativos conocidos.

Fuentes primarias y secundarias

Las fuentes primarias son el eje fundamental que sostiene este trabajo construido desde los documentos oficiales publicados por instituciones y organismos de la UE, por ejemplo, resoluciones, dictámenes, comunicaciones, recomendaciones, reglamentos y directivas. Documentos que fueron elaborados, entre otros, por la Comisión Europea, el Consejo Europeo, el Parlamento Europeo, el Comité Económico y Social Europeo, el Comité Europeo de las Regiones, el Grupo de Expertos de Alto Nivel en IA y el Supervisor Europeo de Protección de Datos. También se ha acudido a una gran variedad de fuentes como programas y entrevistas de primera mano en medios audiovisuales. El acceso a la documentación oficial se ha realizado principalmente desde los siguientes enlaces de internet:

Diario Oficial de la Unión Europea:

<https://eur-lex.europa.eu/oj/direct-access.html?locale=es>

CORDIS. Resultados de investigaciones de la UE:

<https://cordis.europa.eu/es>

Documentos oficiales de la Unión Europea:

https://europa.eu/european-union/documents-publications/official-documents_es

EUR-Lex El acceso al Derecho de la Unión Europea:
https://eur-lex.europa.eu/procedure/EN/2018_3

Fichas temáticas de la Unión Europea:
<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/indexsearch>

Register of Commission Documents:
<https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/index.cfm?fuseaction=search>

Web Oficial de la Unión Europea:
<https://op.europa.eu/es/>

Queremos subrayar que las búsquedas en los archivos de la UE son muy rápidas y eficaces, lo que nos ha permitido seleccionar los documentos de un modo ágil y eficiente. Por ejemplo, el Diario Oficial de la UE dispone de la opción de búsqueda avanzada que ofrece múltiples opciones, entre ellas: buscar en el título y cuerpo de los documentos el texto o los términos a interrogar utilizando conectores lógicos encadenados, y también discriminar colecciones de documentos por intervalo de fechas, autor, idioma y tipo. Además, ofrece junto a los resultados de la búsqueda una serie de datos estadísticos por años y tipos de documentos. En otros casos, como en la tarea de indagar en el proyecto ESPRIT en el que buscábamos alguna mención a la IA dentro de cada proyecto de investigación en tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), los resultados facilitaban adicionalmente la estadística relacionada con el dominio de aplicación en otros programas vinculados, como por ejemplo, los Programas Marco de investigación y desarrollo tecnológico. Otra fuente de información ha sido el repositorio CORDIS, que contiene información sobre programas, fichas de proyectos, informes, entregables, enlaces a publicaciones de acceso abierto y más.

Las fuentes secundarias refuerzan los cuatro pilares de conocimiento de este trabajo: la concepción de la Construcción Social de la Tecnología y los Sistemas Tecnológicos de gran escala, las técnicas de la IA, la RA y el BD, la evolución de la Unión Europea desde una perspectiva multidimensional, y la historia desde la mirada de los relatos del proceso de su integración.

Metodología de trabajo

En cuanto a la metodología de trabajo, tanto los medios informáticos (internet, hojas de cálculo y bases de datos de trabajo personales, repositorios externos, respaldos de la información, etc.), como una estricta organización de todos los documentos investigados referidos a las fuentes primarias y secundarias perfectamente identificadas y ordenadas, han sido de vital importancia para lograr la eficiencia en el proceso de desarrollo de este trabajo. Tanto que sin los cuales hubiese resultado muy costoso en tiempo y esfuerzo llevar a cabo de forma rigurosa esta investigación histórica. En un principio, las búsquedas en el Diario Oficial de la UE nos proporcionan información base a partir de la que se ha ido construyendo el cuerpo principal de esta tesis. Fuimos almacenándolos en una hoja de cálculo con veintisiete columnas que contenían datos como los siguientes: código oficial del documento y título; fecha y autor (Comisión, Parlamento, etc.); colección (actos jurídicos, documentos preparatorios, etc.); tipo (comunicación, dictamen, etc.); enlace de internet de acceso inmediato; un resumen elaborado con los temas más relevantes que trataba (tecnología, medicina, industria, legal, ética, defensa, ciberseguridad, etc.); relación con la IA, la RA y el BD (alusión, potencialidad, iniciativa, etc.); claves con la relevancia que a nuestro criterio le atribuíamos al documento en base a los objetivos de la tesis doctoral (entre 0 y 3); y los términos utilizados para buscar el documento en concreto (inteligencia artificial, IA, big data, macrodatos, tecnología, TIC, etc.). Hacemos notar que hasta 1984 la información no estaba disponible en este idioma e hicimos servir los términos en inglés.

Como muestra de la magnitud de información disponible en las bases de datos de la UE, mencionamos algunos ejemplos de consultas realizadas. Entre el 30 de junio de 1977 en que aparece el primer documento en el que se menciona la IA en el Diario Oficial, y hasta el 31 de diciembre de 2019, recuperamos por fecha de documento un total de 492 publicaciones con el término “artificial intelligence”. Entre los años 1977 y 2016 las publicaciones representaban el 17% del total con una distribución anual bastante uniforme, mientras que entre 2017 y 2019 se apreciaba un importante incremento con el 83% de las publicaciones.

Este hecho mostraba a las claras, la relevancia que tendría la IA en ese último periodo y que a lo largo de esta investigación quedará patente. No por ello dejaron de acontecer hitos históricos desde 1977 que marcaron el devenir de la tecnología digital en la Unión. Es conveniente aclarar que muchos documentos, sobre todo las Comunicaciones de la Comisión Europea, guardan más de una versión (1,2, ...,Final), de las cuales escogemos siempre y únicamente la más reciente, es decir, la que viene etiquetada como “Final” (término que omitimos en las referencias bibliográficas por resultar en consecuencia obvio).

Queremos resaltar la complejidad que a veces se ocasionaba en la interpretación de algunos documentos debido a la multiplicidad semántica del término sistema experto. Esto es así, porque se daba cierta confusión técnica entre el significado de estos sistemas con los algoritmos de aprendizaje automático de IA. En cualquier caso, ambas concepciones sirvieron para cohesionar a los europeos mediante proyectos conjuntos de los Estados miembros de la UE. Así también, el término robótica añadía la tarea de discernir si se trataba de robótica convencional o de RA (robótica autónoma), términos que aclararemos más adelante.

Una vez elegidos los documentos de la primera fase de la investigación, seleccionamos 376 filas muy valiosas en la hoja de cálculo. Para aumentar la eficiencia en las consultas a la información por múltiples criterios, generamos una base de datos relacional-documental con toda la información de la hoja de cálculo referida, en la que además incorporamos completos los documentos originales¹. Con esta operativa, en una segunda fase y con un gran número de consultas a la base de datos pudimos detectar gran parte de los dominios en los que debíamos profundizar. A medida que avanzamos seguimos incorporando nuevos documentos, pues a menudo no contenían los términos mencionados anteriormente pero resultaban de gran importancia para la investigación, como: “traducción automática”, “plataformas digitales”, o “Mercado Único Digital”. Esta técnica nos ha permitido dedicar

¹ Existen herramientas de análisis estadístico utilizadas en humanidades digitales y en historia literaria que pueden ayudar a identificar patrones y valores atípicos en los textos (Antcon, 2019).

mucho más tiempo a reflexionar sobre las cuestiones más relevantes, y por serendipia, descubrir conceptos e ideas afortunadas.

En este trabajo hacemos uso de los estudios comparativos cualitativos, porque tratamos de encontrar similitudes y diferencias entre los conceptos de clase de, por una parte, los argumentos teóricos que enmarcan un Sistema Tecnológico de gran escala, y por la otra, las evidencias empíricas que subyacen en las fuentes primarias y secundarias. El objetivo es demostrar heurísticamente la existencia de características comunes y suficientes entre ambos, y con ello la factibilidad de un Sistema Tecnológico de gran escala constituido por la IA, la RA y el BD. En cuanto al contexto teórico, lo abordamos desde las fuentes primarias referidas a estos sistemas tecnológicos tomando las perspectivas que utilizó Thomas Hughes: tecnología, política, industria, economía y legislación. El contexto conceptual referido a la evidencia empírica lo afrontamos desde esas mismas perspectivas históricas, más las referidas a la ciencia médica y la ética porque son indicativas de un posible estilo tecnológico europeo de la IA, la RA y el BD.

Se justifica la posibilidad de utilizar el método de comparación cualitativa en el anexo A de este trabajo, debido a que se trata de una adaptación *ex profeso* de los métodos comparativos para esta tesis doctoral, dado que no tratamos de comparar dos contextos históricos distintos, sino uno teórico frente a otro histórico, es decir, los argumentos teóricos de clase por los que se caracteriza un Sistema Tecnológico de gran escala, frente a las evidencias empíricas recabadas de las inspecciones efectuadas en las fuentes documentales.

1.3) Estructura de la tesis

Las principales preguntas a las que responde esta investigación guían cada una de las partes y capítulos en los que se ha articulado esta tesis doctoral. La parte primera se inicia en el capítulo 2 con temáticas sobre la construcción social de la tecnología, donde se desarrollan contenidos de carácter teórico que darán sentido a las narraciones que se abordan en la parte segunda. Se analizan conceptos como las anomalías presuntas, el determinismo, la autonomía, el *momentum* y el estilo tecnológico. También se estudian las fases del ciclo de vida de los Sistemas Tecnológicos de gran escala desde la invención hasta la consolidación de una tecnología en la sociedad, con el propósito de desvelar las características que los identifiquen, es decir, los conceptos teóricos de clase. En el capítulo 3 observamos la IA, la RA y el BD como artefactos técnicos en los que los algoritmos de machine learning habilitan a los agentes artificiales para actuar racionalmente con autonomía y capacidad de aprendizaje automático con el acceso a datos. Obviamente, nos hemos visto en la necesidad de aclarar algunos conceptos como los anteriores, si bien, nuestro interés fundamental en este capítulo reside en clarificar aspectos de la IA, la RA y el BD como componentes entrelazados por los que se realizan como una tecnología efectiva para la sociedad.

En la parte segunda investigamos el papel que esas tecnologías digitales avanzadas y las TIC han obrado en el proceso de construcción de Europa. Se analizan dominios de conocimiento como los Programas Marco de investigación y desarrollo tecnológico, la traducción automática, la medicina digital, la industria digitalizada y sostenible, la economía digital y la economía de los datos, los marcos jurídico y ético, los rasgos tecnológicos de la Unión Europea frente a Estados Unidos y China, y las narrativas y vicisitudes de su integración desde que en 1950 Robert Schuman pronunciara la Declaración en la que propuso la creación de una Comunidad Europea. Se responde a cuestiones que nos ayudarán a comprender la construcción social de la IA, la RA y el BD en la UE, como las siguientes: ¿Ha contribuido la I+D+i europea a impulsar estas tecnologías? ¿Puede la IA ayudar a mantener la riqueza de la diversidad idiomática europea? ¿Hasta qué punto un softbot autónomo está facultado para

emitir una baja o alta laboral a un paciente? ¿Marcó un punto de inflexión la crisis industrial del año 2008 en las políticas tecnológicas de la UE? ¿En qué ámbitos es importante la economía de los datos? ¿Fueron las actitudes soberanistas defensivas de los Estados miembros un obstáculo para la economía de los datos? ¿Qué ventajas aportaron las normativas sobre datos personales y datos no personales? ¿Se abordaron en la propuesta de una cultura de IA fiable los marcos ético y jurídico? ¿Se dan correlaciones entre las estrategias tecnológicas gubernamentales sobre IA, RA y BD con los rasgos que distinguen a la UE de EEUU y China? ¿Está acelerándose el cambio tecnológico respecto de las anteriores oleadas de tecnologías de propósito general? ¿Qué tipo de narrativa podría crear un nuevo imaginario colectivo de «Más Europa» unida en la diversidad?

Queremos aclarar que la actual denominación de la Unión Europea ha transcurrido por diferentes nombres a lo largo de su existencia. Comenzó como Comunidad Europea del Carbón y del Acero con el Tratado de París de 1951. Después pasó a denominarse Comunidad Económica Europea (CEE), que fue una unión económica constituida en 1957 por el Tratado de Roma. En 1993 se denominó Unión Europea (UE), término que provisionalmente se llamó Comunidad Europea (CE) hasta que en el año 2009 quedó únicamente la denominación de Unión Europea. Incluso, a veces el término Comunidad Europea engloba las tres denominaciones anteriores. Muchos de los textos que tratan estos temas suelen usar Unión Europea como término genérico por motivos de comprensión y claridad expositiva. En este trabajo actuaremos de la misma manera, a excepción de cuando en casos puntuales consideremos conveniente utilizar los términos particulares.

En la parte tercera, los contextos teórico y empírico investigados en las partes anteriores, nos encarrilan a los resultados de este novedoso trabajo. Seguidamente, las conclusiones finales conducen al epílogo, donde y a modo de ensayo, breve, propondremos que un eventual estilo tecnológico europeo de la IA, la RA y el BD sirva de guía a Europa para liderar la epopeya de un planeta unido en la diversidad. La parte cuarta está dedicada a informar sobre la bibliografía consultada, el índice de figuras y tablas, y los anexos.

PARTE PRIMERA

EL CAMBIO TECNOLÓGICO EN LA SOCIEDAD y la técnica de la inteligencia artificial, la robótica autónoma y el big data en su función social.

2) EL CAMBIO TECNOLÓGICO EN LA SOCIEDAD

EL PRESENTE CAPÍTULO INSPECCIONA LAS CARACTERÍSTICAS que subyacen a los Sistemas Tecnológicos con vistas a su aplicación metodológica en los ámbitos de la IA, la RA y el BD. Se analizan las nociones de determinismo, autonomía y momentum tecnológico, así como las fases del ciclo de vida de los Sistemas Tecnológicos de gran escala para identificar los factores que puedan caracterizarlos. Se incide también en el concepto de estilo tecnológico, dado que es muy ilustrativo para sustentar una narración de naturaleza tecnológica que refleje los valores que configuran la Unión Europea.

2.1) Paradigma determinista

Bajo el tema «Un siglo de Progreso 1833-1933», la Exposición Universal de Chicago de 1933 se inauguró con el eslogan: «La ciencia descubre, la industria aplica, el hombre se conforma» (Bensaude-Vincent, 2010 pág. 4). Estas afirmaciones reflejan la visión que imperó acerca de la relación entre ciencia, tecnología y sociedad durante gran parte de los siglos XIX y XX: una actitud favorable e incondicional hacia la tecnología como motor del *buen progreso*. Una visión de la tecnología concebida como un proceso secuencial lineal, en el que los científicos descubren y los tecnólogos siguen la lógica de los descubrimientos para convertirlos en nuevas técnicas y nuevos mecanismos que son introducidos en la sociedad (MacKenzie y Wajcman, 1999). Asimismo, el eslogan manifiesta una visión determinista de la tecnología en la que el ser humano no desempeña ningún papel real, ya que meramente debiera conformarse con lo que la tecnología dictamine, de manera que el devenir de las sociedades está en manos del destino, que a modo fatalista queda designado por la propia tecnología.

La sensación de que la tecnología tiene poder determinante como agente crucial de cambio, ocupa un destacado lugar en la cultura de la modernidad (Merrit y Marx, 1996). Durante las décadas centrales del siglo XX, algunos historiadores apoyaron la tesis del denominado determinismo tecnológico duro, según la cual la tecnología influye decisivamente sobre el curso de la historia, de suerte que los cambios sociales, económicos y culturales son causados por los cambios tecnológicos (y no a la inversa). Un buen representante de esta interpretación lo encontramos en Jacques Ellul (1954), quien postulaba que la tecnología guarda unas leyes y unas dinámicas propias más allá de la voluntad del ser humano, de manera que una vez puestas las condiciones iniciales, ese desarrollo nos llevará a cualquier escenario incluido el desastre. En el otro extremo se encuentra la Construcción Social de la Tecnología; expresiones como: «Nuestra forma de abordar la cuestión de la inteligencia artificial definirá el mundo en el que vamos a vivir» (COM/2018/237 pág. 2) formulada por la Comisión Europea, aluden a que el devenir de las sociedades es influido por las decisiones humanas. Sostiene la tesis de que la evolución y la incidencia de la tecnología en la sociedad

depende de los humanos y de los cambios sociales, y por lo tanto la tecnología es neutral en sí misma. Un representante de esta corriente de pensamiento es Daniel Chandler (1955), para quien la presencia de una tecnología particular es un factor habilitador y facilitador, de modo que los humanos tenemos agencia, es decir, tenemos la habilidad y la capacidad de influir sobre el devenir de la tecnología en el cambio social.

Hay posturas, no obstante, que combinan el determinismo y las decisiones humanas en mayor o menor arreglo, y que dan lugar a gradaciones entre el determinismo duro y el blando. Un buen ejemplo de este tipo de determinismo blando o suave, es el trabajo de Robert Heilbroner (1967), que ve en la tecnología un factor mediador más que la influencia determinante en la historia. Describe un escenario en el que la tecnología, al tiempo que actúa sobre la sociedad también refleja la influencia de las fuerzas sociales y económicas en su desarrollo. Lo cierto es que la tecnología bajo el control humano no solo adquiere poder social, sino también político, y en este sentido, Langdon Winner (2008), desde un posicionamiento crítico al determinismo tecnológico y la tecnología autónoma, reflexionó acerca de las relaciones entre tecnología y poder. Para Winner, las tecnologías han encarnado formas de autoridad que deben ser juzgadas por sus cualidades políticas y descritas a través de conceptos propios de la filosofía política y la ética. Más aún, afirma que las tecnologías son inherentemente políticas y los sistemas técnicos se están convirtiendo en formas de poder (tal como advertiremos más adelante en países como China o EEUU con la IA), que están colocando los cimientos de una cultura tecnopolita. Lo ejemplifica con el diseño de unos puentes de baja altura en Long Island que limitaban la entrada a cierta población¹. En este sentido, lejos del *manto de la objetividad de la tecnología*, los sistemas tecnológicos pueden tener valores sociales incrustados en su diseño y ser antagónicos a los

¹ El ejemplo es la construcción de 200 pasos elevados de baja altura levantados en la península de Long Island (Estado de New York) a lo largo del siglo XX por Robert Moses (1888-1981). Ese constructor maestro y su inclinación clasista y racial, le llevaron a diseñar y construir los puentes con una alzada muy corta para lograr un efecto social en particular: desalentar y limitar la entrada de gente de color, pobre o marginada que no disponía de vehículos propios, por lo que requerían de autobuses para su movilidad. Moses lograba con ello su más que reprobable propósito ya que los autobuses no podían atravesar esos pasos elevados de baja altura (Winner, 2008 pág. 61).

principios éticos como la igualdad y la solidaridad; además, la incorporación de valores en los sistemas tecnológicos se vuelve cada vez más significativa cuando estos sistemas se utilizan en la aplicación de la ley (Surden, 2017).

Una idea básica que se cruza en este espacio de significados e implicaciones del concepto de determinismo tecnológico, es la autonomía de la técnica. Para que las máquinas puedan ser el motor de la historia, hay que suponer que poseen un cierto grado de autonomía. Dicho de otro modo, la tecnología determinaría el cambio en la medida en que ella evoluciona por sí misma de forma autónoma (Quintanilla, 1991). El concepto de tecnología autónoma fue abordado por Jacques Ellul (1964) para hacer referencia a una tecnología que evoluciona según sus propias leyes más allá del control de los humanos, de manera que la técnica se convierte en algo autónomo y constituye un mundo voraz que obedece a su propia *voluntad*; y en otras palabras, tal y como sostiene Andrew Feenberg (1991), las tecnologías tienen una lógica funcional autónoma que puede ser explicada sin referencia a la sociedad.

Sin embargo, lejos del apacible optimismo de la primera mitad del siglo XX, en la década de los sesenta y principios de los setenta, la tecnología se convirtió en una parte constitutiva de la mayoría de los problemas críticos a los que se enfrentaba la humanidad. Grupos de activistas proclamando hablar en nombre de los intereses públicos en áreas como los derechos civiles junto con las quejas contra el riesgo de la energía nuclear y la proliferación de armas nucleares, marcaron la selección de objetos y temas de investigación, a lo que siguió el colapso de la visión optimista de la ciencia y la tecnología como motores del progreso económico y social. La necesidad de enfrentar los impactos negativos de los artefactos tecnológicos, hizo que comenzara a cuestionarse la concepción de que la tecnología era una *bendición de la sociedad* (Thomas *et al.*, 2008).

En este contexto histórico surgió una crítica social que desembocó en el surgimiento y diseño de nuevas aproximaciones metodológicas que superasen las limitaciones del enfoque internalista del determinismo, es decir, limitaciones que se expresaban en las narrativas de

invenciones de artefactos explicadas por argumentos técnico-ingenieriles (Daumas, 1983; De Gregori, 1988), en los cuales la tecnología era percibida y tratada como una *caja negra*. En este sentido crítico, historiadores de la tecnología, filósofos, sociólogos, antropólogos, ambientalistas, economistas y tecnólogos, entre otros, desplazaron los estudios de la historia de la tecnología hacia un enfoque externalista que enfatiza la técnica *en* la sociedad, o también, que busca interpretar el cambio tecnológico *en contexto* (Staudenmaier, 1985). Dicho de otro modo, las líneas de estudios externalistas de la historia de la tecnología tratan de desvelar la conformación social amplia de los artefactos tecnológicos (Gille, 1978), esto es, tratan de enfatizar la relación de la tecnología con múltiples áreas de la sociedad y no solo con la comunidad científica y tecnológica. En definitiva, se trataba de un nuevo abordaje del estudio de la tecnología en el que tan importantes son los factores técnicos (¿Cómo se construye el artefacto técnico?) como los epistemológicos (¿Qué es la tecnología?), los históricos (¿Cómo, dónde, cuándo y por qué las elecciones tecnológicas tuvieron lugar?) y los éticos y políticos (¿Cómo usar la tecnología y cuál es su incidencia en la sociedad?).

Un enfoque de estudio que se conoce como Estudios Sociales de la Tecnología que analiza la tecnología en el modo en que se entrelazan y se influyen mutuamente los fenómenos técnicos y sociales: desde la relación entre la tecnología y el crecimiento económico y las reflexiones acerca de los valores éticos y morales implicados en las innovaciones tecnológicas, hasta la forma en que los procesos de generación y adopción de las tecnologías son determinados por factores como la ideología, los poderes políticos y económicos y los valores culturales.

El hecho es que en los años ochenta del siglo XX se inauguró un nuevo paradigma de estudio de la tecnología a resultas de la combinación de los cuerpos de trabajo conocidos como Ciencia, Tecnología y Sociedad, la Sociología del Conocimiento Científico y la Historia de la Tecnología, cuya convergencia dio lugar a la Construcción Social de la Tecnología (Bijker, 2010). En el marco de estos estudios, un número creciente de estudiosos comenzaron a indagar sobre la naturaleza de los sistemas tecnológicos, también conocidos como sistemas

sociotécnicos (MacKenzie y Wajcman, 1985). Para Bijker (2010) se pone de manifiesto que la tecnología incardina valores sociales y culturales, de manera que ésta no se crea solo a través de decisiones puramente técnicas, sino por los deseos, expectativas, voluntades y valores de los grupos sociales. Asimismo, distingue por razones de utilidad entre un uso amplio y restringido del término Construcción Social de la Tecnología. Cuando se usa en sentido amplio, abarca todo el trabajo representado en el volumen de 1987 (Bijker *et al.*, 1987) incluido tanto el enfoque actor-red de Callon, Latour y Law, como los sistemas tecnológicos con el enfoque de Thomas Hughes; y de manera más estricta, se refiere principalmente al programa establecido por Pinch y Bijker (1984) denotado por el acrónimo SCOT (Social Construction of Technology). De entre estos investigadores destacamos a Hughes con los Sistemas Tecnológicos de gran escala, que desarrollaremos enseguida.

Una de las características relevantes de la Construcción Social de la Tecnología es que asume la tesis del relativismo metodológico, por el que se consideran elementos tecnológicos aquellos que usualmente no son tratados como tales en el contexto clásico de la tecnología. Por ejemplo, la IA, la RA y el BD están constituidos tanto por elementos de tipo técnico analógico y digital como cultural, organizacional, económico, empresarial, financiero, académico, divulgativo, informativo, ético, político y jurídico, entre otros. Es decir, por un conjunto heterogéneo de elementos humanos y no-humanos que, en mayor o menor medida, forman parte del proceso de construcción de los objetos tecnológicos, y sin los cuales no podrían llegar a desarrollarse. Con esta metodología relativista de abordaje de la investigación de la tecnología se dan dos versiones de la Construcción Social de la Tecnología: moderada y radical. Para Bijker, la primera valora meramente la importancia de incluir el contexto social cuando se describe el desarrollo de la tecnología, y algunos ejemplos de este enfoque son los trabajos de Constant (1980), Nye (1990) y Kranakis (1997). De otro lado, la versión radical arguye que los contenidos de la ciencia y la tecnología son socialmente construidos, tal como han plasmado autores como Barnes y Bloor (1982) y Bijker (2001).

2.2) Sistemas Tecnológicos de gran escala

El término sistema tecnológico tiene diversas acepciones, si bien es cierto que en general todas remiten a la Construcción Social de la Tecnología. Sus orígenes pueden remontarse implícitamente a los trabajos de Lewis Mumford (1934) en los años treinta del siglo pasado. Aun cuando este autor no empleó el término sistema tecnológico, sí que postuló un concepto análogo: la máquina, que para él es un producto del ingenio y del esfuerzo humano, y por ello, entenderla es un medio para comprender la sociedad. Es más, afirmaba que el mundo de la técnica no está aislado ni es autónomo, puesto que reacciona ante las fuerzas y los impulsos que aparentemente proceden de lugares del entorno. Y aunque el historiador francés Bertrand Gille (1978) dice que Mumford no usa la palabra sistema, sí que afirma que la máquina solo puede ser captada desde un complejo tecnológico, en el que el concepto de sistema sería la clave para entender los nexos entre la técnica, su naturaleza y las exigencias del medio.

Algunos factores relativos a la envergadura y complejidad que dificultan la comprensión de ciertos Sistemas Tecnológicos, llevaron a Hughes a idear una variedad denominada como Sistemas Tecnológicos de gran escala (Large Technological Systems). Las góndolas y el sistema de navegación de los canales venecianos evidentemente componen un sistema tecnológico sencillo, si bien, el referido a la IA es mucho más extenso y complejo. Valgan también como contraste con el de *Venezia* las grandes redes de electrificación compuestas de múltiples y diversos componentes interrelacionados tanto humanos como no-humanos. Redes que conforman un Sistema Tecnológico de gran escala que se desenvuelve a lo largo de tiempos prolongados en el que Hughes (1996) menciona a inventores, ingenieros, operarios, gerentes, financieros, etc., y en cuanto a los componentes no-humanos cita algunos artefactos técnicos como los transformadores, los sistemas de iluminación y las líneas de transmisión de energía eléctrica. También incluye las leyes regulativas y las organizaciones como firmas industriales, empresas productoras de energía eléctrica y entidades financieras. Asimismo, forman parte componentes usualmente catalogados como

tecnocientíficos: libros, revistas y artículos, o el sistema de enseñanza universitaria y los programas de investigación. Incluso, alude Hughes a que una mina de carbón puede considerarse un componente del Sistema, dado que está socialmente construida y adaptada para funcionar dentro del mismo. En suma, las grandes redes de electrificación analizadas son Sistemas Tecnológicos de gran escala. En cuanto a la IA, RA y BD, trataremos de demostrarlo en este trabajo, y para ello identificamos formalmente sus características.

Para Hughes (1986), los Sistemas Tecnológicos de gran escala poseen la propiedad de que a nuestros ojos parecen evolucionar y expandirse de manera general con arreglo a un patrón vagamente definido, esto es, a un ciclo de vida característico que conduce desde el inicio de una invención hasta una etapa de inercia o consolidación de una tecnología en la sociedad. Hughes (1987) señala, que los componentes están interconectados en una red de relaciones a lo largo de una secuencia que consta de siete fases inscritas en un ciclo de vida del sistema. Cada una de ellas se distingue por el predominio de ciertos factores o actividades características, como pueden ser las mejoras organizacionales y técnicas, o la adaptación a un contexto social, cultural o geográfico concreto.

Las fases, que ni deben ser regulares ni necesariamente estar dispuestas en el mismo orden secuencial, se denominan: invención, desarrollo, innovación, transferencia, crecimiento, competencia y consolidación. A su vez, pueden solaparse, avanzar o retroceder a lo largo de todo el ciclo de vida. En particular, la transferencia puede no ocurrir después de la innovación, sino en otros momentos del ciclo de vida. Para una mayor comprensibilidad de la noción de Sistema Tecnológico de gran escala, las fases del ciclo de vida expuestas por Hughes pueden agruparse para analizar conjuntamente las características que subyacen a cada uno de los estadios por los que evoluciona la tecnología.

En primer lugar, las fases de invención, desarrollo e innovación se pueden tratar en un mismo estadio que denominamos Inicial en el que predominan las invenciones y se incorporan los elementos económicos, políticos y sociales necesarios para que la invención pueda

sobrevivir en el mundo en que habrá de utilizarse. También se produce el establecimiento de la producción y distribución de la invención, y a veces, la institucionalización académica de las nuevas tecnologías. Por su parte, en la fase de transferencia o estadio de Adaptación, predominan las modificaciones en la técnica, en los procesos y en los sistemas de marketing y ventas para la adaptación a entornos diferentes, originando eventualmente lo que se denominan estilos tecnológicos. Por último, las fases de crecimiento, competencia y consolidación se agrupan en un estadio Inercial en el que predominan lo que conocemos como contrasalientes y momentum tecnológico. Las principales características que hemos hallado se muestran a continuación:

Figura 1

Características de las fases del ciclo de vida de los Sistemas Tecnológicos de gran Escala

| Estadio | Fases de Hughes | Características predominantes |
|------------|---|--|
| Inicial | Invencción Desarrollo Innovación | <p>Invencciones de tipo radical y conservador</p> <p>Se fundan entornos experimentales en desarrollo e innovación</p> <p>Se añaden y eliminan competencias humanas y profesionales, y características económicas, políticas y sociales</p> <p>Se instaure la producción y distribución de la invención</p> <p>Emergen novedades en gestión, organización, marketing y ventas</p> |
| Adaptación | Transferencia | Estilo tecnológico |
| Inercial | Crecimiento Competencia Consolidación | <p>Invencciones incrementales</p> <p>Contrasalientes, anomalías presuntas y <i>momentum</i> tecnológico</p> |

2.3) Estadio Inicial: invención, desarrollo e innovación

El primer estadio del ciclo de vida de un Sistema Tecnológico de gran escala se caracteriza por el predominio de la invención o el descubrimiento de nuevos objetos o ideas, por el desarrollo de las mismas y por la innovación. Las invenciones que se producen durante esta fase suelen ser de carácter radical y pueden conllevar la emergencia de nuevos sistemas tecnológicos. Debe enfatizarse que el término invención radical no es usado por Hughes del modo común para sugerir efectos sociales trascendentales, sino que se refiere a invenciones que suelen contribuir al desarrollo de nuevos sistemas tecnológicos. Algunos ejemplos notables de inventores relacionados con las invenciones de este tipo que sembraron las semillas de grandes sistemas presididos por nuevas organizaciones son: Bell y el teléfono, Edison y el sistema eléctrico, los hermanos Wright y el aeroplano, Marconi y el telégrafo sin hilos, Ferdinand von Zeppelin y el dirigible, y Frank Whittle y el motor a reacción.

Aun cuando las invenciones radicales pueden germinar en nuevos sistemas tecnológicos, algunas veces son mejoras realizadas a invenciones anteriores similares que fracasaron a la hora de transformarse en innovaciones de productos o servicios de uso práctico². Estas invenciones, sin embargo, no producen necesariamente efectos sociales mayores a las invenciones no radicales o conservadoras, pero, en cualquier caso, cierto es que muchas veces eliminan las habilidades de los operarios, ingenieros, economistas, técnicos y gerentes, destruyendo inversiones financieras, y en general, estimulando la ansiedad (Hughes, 1987).

En la fase de desarrollo suele predominar la emergencia del carácter social y económico de la construcción de la tecnología. El desarrollo cambia la invención desde una idea relativamente simple que puede funcionar en un contexto no más complejo que el que

² Los historiadores poseen un rico campo de estudio entre los restos fósiles de estas invenciones fracasadas. El inventor profesional Elmer Sperry, que contribuyó al establecimiento de diversos sistemas tecnológicos significativos, insistía en que todas sus invenciones, incluyendo las radicales, eran mejoramientos de trabajos anteriores de otros. La intensa solicitud de patentes realizada por inventores independientes refuerza este punto (Hughes, 1987).

pueda constituirse en la mente del inventor, hasta un sistema que pueda funcionar en un entorno real. Para alcanzar tal fin, el inventor o equipo de desarrollo construye entornos experimentales y de prueba para efectuar ensayos y comprobaciones cada vez más complejas, y al mismo tiempo suelen incorporar características económicas, políticas o sociales en su diseño que resultan necesarias para sobrevivir en el mundo que encontrará el sistema al convertirse en innovación, como el precio del producto, su garantía o las características funcionales y estéticas.

La innovación significa aplicar la tecnología desarrollada en utilización práctica, por lo que en esta fase predomina el establecimiento de la producción y la distribución. Es de enfatizar que en esta fase se revela la enorme complejidad de los sistemas. La innovación como proceso general, designa la acción y efecto de cambiar o alterar las cosas al introducir novedades en productos, procesos, organización, marketing y ventas. En sentido particular, se refiere a la acción de utilizar una invención tecnológica, por ejemplo, la electricidad se considera innovación cuando llega a producirse, distribuirse y usarse en ámbitos prácticos como la fuerza motriz o la iluminación.

2.4) Estadio de Adaptación: estilo tecnológico

La adaptación tecnológica se caracteriza por el predominio de modificaciones en la tecnología, en los procesos y la organización, y en el sistema de marketing y ventas con el fin de adaptar el sistema a otros contextos diferentes a aquél en el que había transcurrido la innovación. También hay otros factores críticos involucrados como los geográficos, sociales y legislativos, que conllevan eventualmente la emergencia de un estilo tecnológico.

El concepto de estilo tecnológico admite varias interpretaciones. Por ejemplo, para John Staudenmaier (1989) el estilo tecnológico emerge del individualismo norteamericano a partir del contexto político, social y económico en donde se desarrolla con éxito una tecnología. Su exposición identifica la oposición que existiría en los Estados Unidos entre el gusto por la tecnología y su poder, y el deseo de una vida tranquila y comunitaria. Staudenmaier usa el popular ejemplo del automóvil para mostrarnos cómo los primeros años de lo que devendría en una poderosa industria automotriz, delinearon también lo que sería el *estilo americano de hacer automóviles*, caracterizado por la utilización de la línea de ensamblaje en cadena. Esta forma de organización de la producción requería una mano de obra poco especializada y trasladaba la responsabilidad de la producción a los supervisores. De este modo, este tipo de línea estaba configurada tanto por una fuerza de trabajo compuesta por inmigrantes europeos, como por el reconocido paternalismo de Ford y su obsesión por el control, el cual, no era más que el correlato de un propagado temor nacional hacia la generación del caos social por la presencia de inmigrantes.

En este sentido, y como señala Teresa Márquez (2006), para el historiador *contextualista* no es una simple coincidencia que la línea de ensamble de Ford refleje unos valores similares a los métodos tayloristas de administración y las técnicas publicitarias de la posguerra, es decir, la vocación por controlar variables externas potencialmente caóticas. La explicación de esta convergencia radicaría en el hecho que toda tecnología exitosa, en cualquier época histórica, incorpora el estilo de su sociedad y se nutre de nuevos valores al mismo tiempo

que los refleja. El estilo tecnológico estaría constituido por los valores, creencias, gustos y prejuicios presentes en el contexto social. A tal efecto, las tecnologías son exitosas en la medida en que se adaptan a las restricciones de su diseño e incorporan valores socialmente aceptados en una sociedad en concreto, es decir, alcanzan el éxito en tanto en cuanto son capaces de erigir un estilo tecnológico que se acopla al contexto social y cultural en el que se usa la tecnología. Quizá, la noción más presente en el sentido común, sería considerar el estilo tecnológico como *una forma de hacer* que se repite constantemente hasta adquirir un carácter distintivo. Un carácter que no surge espontáneamente en la confluencia de factores culturales fuera de la acción de las personas o grupos, porque el estilo es una construcción en diálogo tenso con el contexto.

Una utilidad analítica del concepto de estilo tecnológico es facilitar los estudios comparativos sobre la tecnología en contextos diferentes. Así, Eda Kranakis (1997) describe las diferencias entre las ingenierías norteamericana y francesa en el siglo XIX respecto a las estructuras de las comunidades tecnológicas, la evolución y la función de la educación técnica, la investigación y la práctica tecnológica. Por su parte, Matthias Heymann (1988) sostiene que la superioridad de la tecnología de turbinas de viento danesa sobre la estadounidense y alemana está relacionada con las diferencias en los procesos y las condiciones locales. Para Hughes, el estilo tecnológico radica en aspectos cualitativos, es decir, en factores no técnicos. Así lo concluye tras comparar los sistemas de electrificación estadounidense, británico y alemán que aparecieron y se desarrollaron entre 1882 y 1930 y que alcanzaron características técnicas altamente desiguales. Procedían de contextos regionales que establecían diferencias específicas y que orientaban a estilos distintivos para cada uno de los sistemas (Hughes, 1983). Su análisis de los mapas de suministro eléctrico de 1920 en Londres, Berlín y Chicago, revelaba variaciones notables respecto al tamaño, número y localización de las plantas de producción de energía eléctrica, de manera que las compañías eléctricas poseían características técnicas muy diferenciadas. Sin embargo, lejos de ser estas características las que influían en el estilo tecnológico, fueron factores culturales los que determinaron diferencias técnicas perceptibles. En otras palabras, las variaciones no

remitían a términos cuantitativos de electricidad generada, transmitida y distribuida, como podría pensar un historiador económico, sino al modo en que la electricidad era generada, transmitida y distribuida. Berlín poseía cerca de media docena de grandes plantas de electricidad, mientras que Londres tenía más de cincuenta pequeñas. Dos estilos bien diferenciados que persistieron durante décadas y cuya explicación reside en las regulaciones legales de ambas ciudades, que expresaban distintos valores políticos fundamentales. Mientras en Londres se protegía el poder tradicional de los gobiernos locales dando a los distritos municipales autoridad para regular la energía eléctrica, en la capital alemana se acentuaba la autoridad centralizada delegando el poder regulador a la ciudad de Berlín.

En resumen, el estilo tecnológico se vincula con el contexto político, social, económico y geográfico donde la tecnología tiene lugar y está relacionado con la función social de comunicar algo. Con *una forma de hacer* que se repite constantemente hasta adquirir un carácter distintivo. Puede guardar relación con factores de tipo cuantitativo como el tamaño medio de las empresas. Ahora bien, los factores cualitativos son los realmente decisivos, por ejemplo, la centralización política frente a los sistemas descentralizados; la organización empresarial *compacta* y concentrada frente a los sistemas basados en estructuras *ligeras* y distribuidas; lo público frente a lo privado; lo particular frente a lo colectivo; las regulaciones éticas y legales frente a la desregulación; los diferentes principios de dirección, organización y gestión empresarial; el compromiso y la responsabilidad de los grupos de interés de la empresa; y las ideologías predominantes y la fuerza de los factores culturales.

2.5) Estadio Inercial: crecimiento, competencia y consolidación

Para Hughes (1987), los historiadores de la tecnología describen el crecimiento de los grandes sistemas con conceptos como las economías de escala, el aliciente de la búsqueda del poder personal y el engrandecimiento organizacional, pero a menudo se olvidan de una alta diversidad de aspectos que influyen en el crecimiento, por ejemplo, los sociales, financieros y políticos, que, sin embargo, están contemplados en los Sistemas Tecnológicos de gran escala. Sistemas que a medida que crecen y se expanden, desarrollan problemas que necesitan de nuevas invenciones para mantener la eficacia del sistema en su conjunto. Las invenciones que predominan durante el estadio Inercial suelen ser invenciones de tipo incremental o progresivo de carácter conservador, que mejoran o incrementan los sistemas ya existentes alimentando de manera continua el proceso de cambio. Pueden surgir también los problemas denominados contrasalientes³ cuando un componente del sistema no ha evolucionado al mismo ritmo que los demás, lo que lastra la evolución del mismo en su conjunto y acarrea la exigencia de una invención que lo adapte a las nuevas circunstancias, haciendo buena la segunda ley de Kranzberg (1986 pág. 548): «La invención es la madre de la necesidad». Por ejemplo, en la gestión empresarial del siglo XXI, ocurre en las empresas que apuestan por un modelo de dirección, organización y gestión similar al taylorismo. El modelo se convierte en un contrasaliente cuando coarta la iniciativa, la creatividad personal y el flujo de información en la organización, es decir, cuando afecta a los factores que pueden marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso empresarial (Hamel, 2007).

Si los contrasalientes no se resuelven dentro del contexto de un sistema existente, la invención puede suponer una competencia para el mismo sistema que lo engendra. Edward Constant II (1980) describe un caso de estas características que denomina como anomalía presunta que «se parecen a los contrasalientes y suceden cuando se estima que en

³ El concepto contrasaliente (reverse salient) es sinónimo de lo que Kranzberg (1986), denomina technological imbalance, una situación en la cual una mejora en una máquina afecta al equilibrio previo y necesita un esfuerzo para solventarlo por medio de una innovación.

condiciones futuras un sistema convencional fallará o funcionará mal» (pág. 15). Una notable anomalía presunta emergió a finales de 1920 cuando a partir de los conceptos provenientes de la aerodinámica, se concluyó que el sistema convencional de propulsión por motor de pistón y hélice no funcionaría a las velocidades cercanas a las del sonido previstas para los aeroplanos. Los inventores Frank Whittle, Hans von Ohain, Herbert Wagner y Helmut Schelp, respondieron con el motor a reacción. De manera análoga puede ocurrir con la tecnología utilizada en los procesadores informáticos. Se estima que la actual tecnología de silicio no podrá mantener el nivel de capacidad y velocidad de cálculo para satisfacer las previsibles necesidades que requerirá en un futuro próximo la IA. Es aquí, pues, donde surge la necesidad de nuevas tecnologías como la computación cuántica, que se basa en utilizar las propiedades de las partículas atómicas para procesar información.

Los conceptos de determinismo tecnológico y tecnología autónoma fueron trascendidos por Hughes con su noción de Momentum Tecnológico, una cualidad de los Sistemas Tecnológicos en estado de madurez que les confiere estabilización e inercia: «Los sistemas tecnológicos, incluso después de un crecimiento y una consolidación prolongada, no devienen autónomos, sino que adquieren momentum. Poseen una masa de componentes técnicos y organizacionales, una dirección y metas, y expresan una tasa de crecimiento que sugiere una velocidad» (Hughes, 1987 pág. 70). Pensemos, por ejemplo, en los actuales sistemas eléctrico y de automoción perfectamente consolidados en la sociedad desde hace bastantes decenios. Tales sistemas nos infunden la ilusión de que a menos que se dé una gran catástrofe, la electricidad y los vehículos van a estar por siempre proporcionando las utilidades a las que estamos acostumbrados. Ocurre como si esos sistemas técnicos estuvieran animados con una existencia independiente a nosotros, de manera que hagamos lo que hagamos, los humanos siempre seremos meros observadores de la evolución de esos sistemas, y por lo tanto no se verán afectados porque están perfectamente consolidados en la sociedad y pareciera como que van a seguir por siempre estando ahí: han adquirido momentum. No es de extrañar, que un alto nivel de momentum a menudo produzca la

impresión en los observadores que un sistema ha devenido autónomo, de manera que los sistemas maduros poseen una cualidad que es análoga al movimiento inercial.

Parte de la importancia del trabajo de Hughes, radica en su concepción de la dinámica del Sistema Tecnológico de gran escala en términos de momentum tecnológico. En un sistema joven el entorno configura al sistema, y a medida que crece y es más complejo, va cobrando impulso o momentum de tal forma que se vuelve menos configurado por su entorno y por el contrario tiende a configurarlo. Es decir, la combinación tiempo y complejidad crea la paradoja del dilema del control y la anticipación, pues, en una etapa temprana del desarrollo tecnológico aún es tan maleable que puede ser controlado y modificado, pero su impacto no puede ser anticipado, y cuando el impacto deviene claro la tecnología llega a ser tan resistente a los cambios que es difícil de controlar (Collingridge, 1980).

En resumen, los Sistemas Tecnológicos de gran escala son amplios, complejos y construidos socialmente en los que los ámbitos técnico, social, económico y político forman un todo, un tejido sin costuras que asegura la coherencia y la totalidad del sistema. Asimismo, suelen devenir de invenciones radicales y estar compuestos de múltiples y diversos componentes interrelacionados, entre los cuales figuran inventores, ingenieros, operarios, gerentes y financieros, así como artefactos técnicos, regulaciones, programas de investigación y organizaciones como las firmas industriales y las entidades financieras. Todos los componentes están interconectados en una red de relaciones que se desarrollan a lo largo de un ciclo de vida que avanza por distintas fases en las que se puede reconocer el predominio de ciertos factores o actividades características. Con el momentum, Hughes reconcilia posiciones encontradas cuando afirma que los constructivistas sociales tienen una clave para comprender la conducta de los sistemas jóvenes al considerar que los grupos de interés definen los objetos técnicos y les dan significado, mientras que los deterministas parecen tener razón en el caso de los sistemas que ya han alcanzado su madurez.

3) LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL, LA ROBÓTICA AUTÓNOMA Y EL BIG DATA

LA IA, LA RA Y EL BD COMO ARTEFACTOS TÉCNICOS analógicos y digitales son elementos de la ciencia y la tecnología cuyas utilidades abarcan a casi todos los campos del conocimiento teórico y práctico, y se han convertido en unas de las tecnologías estratégicas del siglo XXI. Por ejemplo, en la traducción automática de idiomas, el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades, la conducción autónoma, la detección de patrones de comportamiento de las personas y en el aumento de la productividad de las empresas. Para la Comisión Europea, son de capital importancia, tal y como demuestra su interés por el crecimiento de la capacidad de la supercomputación y la disponibilidad de grandes cantidades de datos en la nube.

Este capítulo presenta aquellos aspectos técnicos que identifican a las tres tecnologías. Demostraremos que las interconexiones que actúan entre ellas las convierten en útiles para la sociedad. Asimismo, demarcaremos de esta tesis doctoral otros ámbitos de las tecnologías digitales avanzadas, como la autoconsciencia y la superinteligencia de las máquinas.

3.1) Inteligencia artificial: agentes racionales con autonomía

La IA es una rama del saber con alrededor de siete décadas de existencia desde que Alan Turing publicara sus primeros ensayos filosóficos sobre el tema¹. Las reflexiones de Turing (1950) acerca de las máquinas que aprenden [*learning machines*] le llevaron a describir un experimento de laboratorio que, afirmaba, se podría usar para averiguar si un ordenador era capaz de *pensar* en el sentido de mostrar un comportamiento inteligente indistinguible del humano. Su test, conocido como la prueba de Turing, consiste en una charla a ciegas entre dos humanos y una máquina. La idea básica del desafío, es que uno de los dos humanos, el que interroga, debe intentar averiguar cuál de los otros participantes es el ordenador. El experimento se repite varias veces con diversas personas en las posiciones de los humanos, y si las identificaciones acertadas del interrogador no son significativamente diferentes de la frecuencia del azar, es decir, del 50 por 100 de aciertos y fallos, entonces se concluye que la máquina imita el pensar.

Programar una máquina para que supere el test de Turing requiere un trabajo considerable, pues ésta debe poseer al menos cuatro capacidades: procesamiento de lenguaje natural que la habilite para comunicarse con otro agente; representación del conocimiento para almacenar lo que se conoce o se siente; razonamiento automático para utilizar la información almacenada para responder a preguntas y extraer nuevas conclusiones; y aprendizaje automático para adaptarse a nuevas circunstancias y detectar y extrapolar patrones (Russell y Norvig, 2009).

¹ Pocos años después, en 1956, Marvin Minsky (1927-2016) coorganizó la conferencia o taller de Dartmouth College sobre IA (Nilsson, 2009 pp. 77-81) en la que se reunieron diez asistentes interesados en esa tecnología, entre ellos Arthur Samuel (1901-1990), programador de la compañía IBM (Copeland 1996 pp. 47-48). Fue en Dartmouth, donde quizá lo último que surgió fue el consenso en adoptar el nuevo nombre propuesto por John McCarthy: Inteligencia Artificial. Quizá, la denominación racionalidad computacional hubiese sido más adecuada, pero inteligencia artificial se ha mantenido y reforzado (Russell y Norvig, 2009).

Si bien la prueba de Turing esquiva la interacción física entre el evaluador y la máquina, algunos autores proponen una versión ampliada que contemple la interacción con el entorno. El experimento denominado Prueba Global de Turing requiere que la máquina esté dotada de capacidades adicionales, como visión artificial para percibir objetos y robótica para manipularlos. En relación con este enfoque de la IA basado en el comportamiento, algunos autores como Raymond Kurzweil (1990), han afirmado que la IA es el arte de desarrollar máquinas con capacidad para realizar funciones que, cuando son efectuadas por personas, requieren de inteligencia. En otras palabras, la IA es el estudio de cómo lograr que los ordenadores realicen tareas que por el momento los humanos hacen mejor (Rich y Knight, 1991). Si bien la prueba de Turing inspirada en el comportamiento humano ha sido un asunto de gran controversia y ha generado importantes objeciones en círculos filosóficos, los investigadores que trabajan en el ámbito de la IA se han inclinado por lo general a aceptar su validez (Copeland, 1996). Por este motivo, los trabajos de Alan Turing han marcado una de las líneas más prósperas de investigación al introducir la noción de las máquinas que son capaces de aprender, la cual desembocó en el actual concepto de machine learning o aprendizaje automatizado de las máquinas.

Además del enfoque basado en el comportamiento existen otras aproximaciones de carácter cognitivo relacionadas con procesos mentales: sistemas de IA que piensan como las personas que entienden el lenguaje natural escrito y hablado, y que razonan, aprenden y simulan los procesos del pensamiento humano, etc. A este respecto, la denominada computación cognitiva es una técnica que pretende que una máquina pueda llegar, o por lo menos acercarse bastante, a las mismas conclusiones que alcanzan las personas. De hecho, a través de este tipo de computación se intenta simular todos los procesos mentales del cerebro para desarrollar el pensamiento, pero teniendo en cuenta que lo que se utiliza en este caso es un modelo totalmente computarizado (Russell y Norvig, 2009).

La IA también se define como el estudio de los cálculos que hacen posible percibir, razonar y actuar (Winston, 1992). De manera similar, hay quien relaciona la IA con el estudio de las

facultades mentales mediante el uso de modelos computacionales, llevándose a emplear para ello ideas como la noción del pensamiento jerárquico² y la proyección por analogía con el pasado (Charniak y McDermott, 1985).

Existe también un tercer enfoque híbrido que combina tanto el modelo que alude al comportamiento como el referido a la cognitividad. Se trata de los sistemas que muestran una conducta racional o que actúan racionalmente con cierta autonomía. Debemos aclarar que con la noción de autonomía de la IA no nos estamos refiriendo a la autonomía humana, porque ésta quedaría bajo el principio de la libertad en el sentido del libre albedrío humano. De hecho, tal como recoge el European Group on Ethics in Science and New Technologies³ (EGE), el principio de autonomía implica la libertad del ser humano. Conviene incidir en las nociones de autonomía y de agente racional, puesto que son conceptos fundamentales tal y como ha apuntado el Grupo de Expertos de Alto Nivel en IA de la Comisión Europea en su Dictamen sobre qué es la IA (AI-HLEG, 2019b).

Para este Grupo de Expertos, un agente es cualquier ente, persona o cosa, capaz de percibir su entorno con la ayuda de sensores y actuar mediante acciones a través de actuadores. Un buen símil para clarificar el término es el siguiente: un agente humano percibe mediante sensores biológicos a través de los ojos, oídos y otros órganos sensoriales y actúa mediante actuadores como las manos, las piernas, la boca y otras partes del cuerpo. Análogamente, un agente robot percibe mediante sensores artificiales las pulsaciones de una persona en un

² En este sentido, para Raymond Kurzweil (2012) somos capaces de pensar jerárquicamente, de comprender una estructura compuesta de diversos elementos dispuestos en un patrón, representando esa disposición con un símbolo y luego usando ese símbolo como elemento en una configuración aún más elaborada. Para Jeff Hawkins (2004) estamos constantemente presintiendo el momento inmediato porque nuestro cerebro proyecta el futuro próximo por analogía con el pasado vivido, y el futuro es una razón por la que tenemos neocórtex.

³ El European Group on Ethics in Science and New Technologies (EGE, 2018) es un grupo consultivo multidisciplinario creado en 1991 que asesora sobre todos los aspectos de las políticas de la Comisión en los que cuestiones de derechos éticos, sociales y fundamentales se cruzan con los de desarrollo de la ciencia y las nuevas tecnologías. En 2019 trabaja en los temas de edición de genes, IA y el futuro del trabajo (EGE, 2019).

teclado, los archivos de información digital, así como la información de videocámaras o giroscopios, y en consecuencia actúa sobre el medio con mensajes en el monitor, escribiendo ficheros, enviando datos por la red o moviendo una pierna mecánica. Aclaremos que un agente artificial no es exclusivamente un robot mecánico ya sea de aspecto humanoide o no, sino que nos estamos refiriendo también a los robots software conocidos en la jerga de la IA como softbot. Un softbot es un agente intangible capaz de hacer, por ejemplo, traducciones automáticas de idiomas o encontrar correlaciones en vastas cantidades de datos, es decir, un softbot es un robot, pero no es un robot tangible o *físico*.

Por su parte, un agente racional es aquel que hace lo correcto y actúa con la intención de alcanzar el mejor resultado. Lo correcto desde un punto de vista de la racionalidad, se entiende aquí como aquello que permite al agente obtener un resultado mejor o lograr el resultado esperado. La racionalidad en un momento determinado depende de cuatro factores: 1) La medida de rendimiento que define el criterio del éxito; 2) El conocimiento del medio en el que habita el agente; 3) Las acciones que el agente puede llevar a cabo mediante unos actuadores; y 4) La secuencia de las percepciones mediante sensores del agente hasta un momento dado (Russell y Norvig, 2009).

Con todo lo anterior ya estamos en condiciones de intuir la noción de agente racional: en cada posible secuencia de percepciones, un agente racional deberá emprender aquella acción que supuestamente maximice su medida de rendimiento, basándose en las evidencias aportadas por la secuencia de percepciones y en el conocimiento que el agente mantiene almacenado. Esta noción implica que el agente no solo recopila información, sino que aprende lo máximo posible de lo que está percibiendo. La configuración inicial puede reflejar un conocimiento preliminar del entorno, pero a medida que el agente adquiere experiencia, este puede modificarse y aumentar, por lo que puede tomar decisiones más variadas y diferentes al disponer de un mayor conocimiento, lo que le confiere un mayor grado de autonomía en sus decisiones y acciones.

Por el contrario, se dice que un agente carece de autonomía cuando se apoya más en el conocimiento inicial que le proporciona su diseñador que en sus propias percepciones, debido quizá, a una carencia de aprendizaje. Por lo tanto, un agente racional debe ser autónomo y tener la capacidad de determinar cómo tiene que compensar un conocimiento inicial incompleto o parcial. En la práctica, pocas veces se necesita una autonomía completa desde el mismo comienzo. Es el caso de cuando disponga de poca o ninguna experiencia, porque entonces, tendrá que actuar de forma aleatoria a menos que el diseñador le haya proporcionado ayuda (Russell y Norvig, 2009). Así, de la misma forma que la evolución proporciona a muchos animales solo los reactivos o desencadenantes (instintos) para que puedan sobrevivir lo suficiente y aprender por ellos mismos, sería razonable proporcionar a los agentes que disponen de IA, de un conocimiento inicial básico y la capacidad de aprendizaje. Después de interactuar lo suficiente con el entorno mediante los sensores incorporados, el comportamiento del agente será más independiente del conocimiento que poseía inicialmente, y por consiguiente dispondrá de una mayor autonomía.

Uno de los trabajos de la IA consiste en diseñar técnicas para el razonamiento y toma de decisiones de los agentes racionales, tales como la representación del conocimiento y de la planificación, programación, búsqueda y optimización a partir de los datos procedentes de los sensores (AI-HLEG, 2019b). Para poder hacer esto, es necesario transformarlos en conocimiento, por lo que un área de la IA tiene que ver con la mejor forma de modelarlo (representación del conocimiento). Una vez que se ha modelado, el siguiente paso a realizar es razonar con él (razonamiento del conocimiento), lo que incluye hacer inferencias a través de reglas simbólicas, actividades de planificación y programación, y optimizar entre todas las posibles soluciones a un problema. El último paso es decidir qué acción tomar. La parte de razonamiento y toma de decisiones de un sistema de IA suele ser muy compleja y requiere una combinación de varias de las técnicas mencionadas. Otro de los trabajos consiste en diseñar el programa que implemente la función del agente racional para proyectar percepciones en acciones. Se asume que este programa se ejecutará en algún tipo de

ordenador con sensores físicos y actuadores, lo cual se conoce como arquitectura, de manera que un agente se compone de arquitectura y programa.

Obviamente, el programa que se elija debe ser apropiado para la arquitectura, porque si tiene que recomendar acciones de caminar en un robot⁴, la arquitectura ha de tener piernas; si el agente está habilitado para recomendar acciones en un softbot para detectar patrones de comportamiento o de relaciones en el BD, entonces la arquitectura debe poder leer información en medios digitales. En cualquier caso, la arquitectura puede estar constituida, por ejemplo, por un ordenador común o por un coche robotizado con cámaras y otros sensores a bordo. En general, la arquitectura hace que las percepciones de los sensores estén disponibles, al tiempo que se encarga de que los actuadores pongan en marcha las acciones generadas por el programa. De todo lo anterior se puede inferir que los robots son agentes físicos que realizan tareas mediante la manipulación física del mundo, en oposición a los softbots. Russell y Norvig (2009) definen tres categorías de robots: manipuladores, móviles y humanoides. Los primeros se caracterizan por estar físicamente anclados en su lugar de trabajo, por ejemplo, una línea de ensamblaje en una cadena de producción de automóviles. Los robots móviles se desplazan por su entorno utilizando ruedas, piernas o mecanismos similares como los coches autónomos sin conductor. Por último, los robots de aspecto humanoide son robots móviles que suelen estar equipados con manipuladores capaces de efectuar tareas muy complejas.

Las anteriores observaciones sobre racionalidad y autonomía, que en definitiva son acerca tanto de la inteligencia biológica como de la artificial, nos llevan a sostener el principio de que todos los agentes pueden mejorar su eficacia con la ayuda de mecanismos de aprendizaje, que por añadidura, caracterizan la cualidad de la IA, y en consecuencia respaldan los trabajos de Turing sobre el aprendizaje automatizado de las máquinas.

⁴ El término robot se utilizó por primera vez en 1921 por el escritor Karel Čapek (véase Anexo E).

3.2) Machine learning: la inteligencia artificial que aprende

Desde los albores de la IA, los programas de ordenador fueron diseñados para aprender automáticamente desde su propia experiencia. Buena muestra de ello es el algoritmo escrito a principios de los años cincuenta para jugar a las damas por Arthur Samuel (IBM, 1959). Un algoritmo capaz de aprender por él mismo y que llegó a derrotarle (Copeland, 1996). Desde entonces los avances en IA han sido muy importantes, y un buen ejemplo es el que ocurrió en 2011, cuando *Watson* de IBM venció en el concurso *Jeopardy*⁵ a los mejores participantes en responder a cuestiones sobre historia, literatura, deportes y ciencia (NBC Universal, 2013). *Watson*, también ha demostrado una tasa de diagnóstico más precisa para los cánceres de pulmón que los humanos: un 90% frente a un 50% en algunas pruebas (Schwab, 2016). Por su parte, el programa Biomind del Hospital de Beijing Tiantan en China, ganó a quince especialistas en el diagnóstico de tumores (ED, 2018).

Desde los inicios de este siglo XXI, una inmensa cantidad de información audiovisual y escrita relativa a todo tipo de conocimiento se encuentra disponible en internet. Analizar este aluvión de datos requiere de métodos de análisis y tiempos de trabajo totalmente inviables para una inteligencia humana. Sin embargo, la tecnología posibilita su inspección mediante algoritmos de machine learning, que es una de las ramas de la IA que desarrolla métodos de aprendizaje automático complejo y ofrece soluciones como efectuar diagnósticos médicos, reconocer rostros, o encontrar patrones de conducta en el comportamiento.

⁵ En febrero de 2011 la cadena norteamericana NBC Universal, reunió en el programa sobre conocimientos generales *Jeopardy*, a los dos mejores concursantes del programa hasta el momento y a la IA *Watson* de IBM. En el concurso, se revela una pista en forma de respuesta, y los concursantes tienen que dar sus respuestas en forma de pregunta. Por ejemplo: Pregunta: “Es el fresco de Miguel Ángel en la pared de la Capilla Sixtina, que representa a los salvados y los malditos”. Respuesta: “¿Quién es el artista que pintó El juicio Final?”. Pregunta: “Las entradas no son necesarias para este evento; el límite de un agujero negro del cual la materia no puede escapar”. Respuesta: “¿Qué es el horizonte de eventos?”. *Watson* entendió en lenguaje natural los contextos de las preguntas y respondió en menos de un segundo. Ganó a los dos concursantes humanos.

En el siglo XXI esta tecnología junto a internet y otras especialidades técnicas ligadas a la IA, como la computación cognitiva, la robótica y el tratamiento automático de enormes cantidades de datos, tiene una gran relevancia porque su repercusión socioeconómica se hace más evidente día a día, por ejemplo, en el ámbito empresarial en el que reconfigura las relaciones laborales. Las aplicaciones potenciales del machine learning son muy variadas: desde aumentar la productividad en las empresas, a la traducción automática de lenguajes, pasando por la conducción autónoma de vehículos. Desafortunadamente, algunos modelos de machine learning (algoritmos entrenados) han tendido a reflejar una serie de pronunciados sesgos de carácter discriminatorio racial y de género que atentan contra el principio ético de la equidad (AI-HLEG, 2019a).

El machine learning es una rama tecnológica de la IA, que en esencia es una categoría de programas informáticos en los que los algoritmos se entrenan y aprenden analizando directamente datos, es decir, no requieren de una programación específica realizada por técnicos informáticos con lenguajes clásicos de programación⁶ (Burton, 2019). Se caracteriza por utilizar algoritmos matemáticos⁷ como la inferencia bayesiana o la regresión lineal⁸, en los que el resultado final es evaluado por el propio algoritmo que es capaz de tomar decisiones autónomas, evaluar estrategias y aprender de sus iteraciones con los datos. Los enfoques técnicos de machine learning son diversos y se usan para lograr objetivos distintos. Los más habituales son el aprendizaje supervisado, no supervisado, reforzado y deep learning (IBM, 2018). En el caso del aprendizaje supervisado, los datos incorporan características etiquetadas que definen lo que representan. Por ejemplo, si se le presenta

⁶ Los lenguajes de programación como el COBOL y RPG sirven para escribir algoritmos que determinan lo que un ordenador hace exactamente, por ejemplo, calcular el resultado de una fórmula matemática o generar un asiento contable.

⁷ Por ejemplo: inferencia bayesiana, árboles de decisión, regresión lineal, basado en reglas, regularización y evitación de sobreajuste, deep learning, redes neuronales, etc.

⁸ En 1805 el matemático francés Adrien-Marie Legendre publicó el método de mínimos cuadrados para la regresión que utilizó para determinar las órbitas de los cuerpos alrededor del sol. Aun cuando este método se desarrolló como un marco estadístico, proporciona la base para muchos de los modelos actuales de aprendizaje automático (McKinsey, 2020a).

una gran cantidad de imágenes variadas de gatos a un algoritmo de machine learning y se las etiquetan como “gatos”, el algoritmo será capaz de reconocer y distinguir un gato de cualquier otro animal o cosa al igual que haría un humano. En efecto, el aprendizaje supervisado se puede utilizar para el reconocimiento facial humano.

Por su parte, el aprendizaje no supervisado es más adecuado cuando el problema a resolver requiere una gran cantidad de información sin etiquetar o que se desconoce, por ejemplo, desentrañar los gustos y las preferencias de los consumidores a partir de los patrones o las pautas de comportamiento que subyacen en el BD de las redes sociales o las plataformas comerciales. Este enfoque permite tratar con grandes cantidades de datos para los que etiquetar toda la información tomaría demasiado tiempo, de manera que puede determinar resultados más rápidamente que el enfoque supervisado. Otro ejemplo es aquel en que el algoritmo de IA estudia todas las fuentes digitales de datos asociadas con una enfermedad como la diabetes y llega a ser capaz de diagnosticarla.

En cuanto al enfoque de aprendizaje reforzado, se trata de un modelo dinámico conductual orientado a soluciones. El algoritmo machine learning se retroalimenta con los datos generados por el resultado de sus acciones para aprender por el método heurístico de prueba y error. En otras palabras, no se aprende a partir de conocimientos previos humanos, sino que el algoritmo es capaz de generar conocimiento desde cero. Una de las aplicaciones más comunes del aprendizaje por refuerzo se da en los robots autónomos. Tomemos el caso de entrenar a un robot humanoide o un animal biónico para subir y bajar por diferentes modelos de escaleras. Cuando no está todavía perfectamente entrenado y el robot se cae, los datos que guían su comportamiento automáticamente se recalibran para que los pasos se modifiquen hasta que el robot aprenda cómo manejarse en sus paseos empinados, es decir, el robot aprende por prueba y error basándose en una secuencia fallida y exitosa de acciones como los niños pequeños (IBM, 2018). El algoritmo de aprendizaje debe ser capaz de descubrir una asociación entre el objetivo al alcanzar (subir y bajar escaleras con éxito sin caerse) y la secuencia de eventos que conducen al resultado deseado. En cuanto a los

softbots, un ejemplo muy representativo es AlphaGo Zero, que en el año 2016 fue entrenado para competir en el ancestral juego chino de estrategia GO con la técnica de aprendizaje reforzado. AlphaGo Zero ganó por 100 partidas a ninguna a su antecesor digital AlphaGo que previamente había derrotado al campeón mundial humano Lee Sedol (DeepMind, 2017).

Por último, el aprendizaje profundo conocido como *deep learning*, es un método que incorpora redes neuronales (electrónicas, no biológicas) para aprender de los datos de manera iterativa. Ha supuesto un punto de inflexión para la IA, pues con este tipo de aprendizaje se ha logrado una enorme mejora del rendimiento en tareas específicas, como la visión artificial que revolucionó la IA en 2012 y comenzó a adoptarse por las empresas a partir de 2013 (Lee, 2020). Asimismo, los sistemas Neural Machine Translation (NMT) están desplazando a los sistemas de traducción estadísticos tradicionales (SMT) desde 2017 en las agencias de traducción de la Unión Europea (CEF, 2019). En lugar de alimentar los sistemas SMT de traducción con reglas gramaticales y detalles lingüísticos, los sistemas NMT implementan redes neuronales que se les enseña a reconocer patrones en grandes depósitos de texto y aprender de ellos. Técnicamente cuando la red neuronal se compone de muchas capas, se la conoce como aprendizaje profundo.

En general, este tipo de aprendizaje está diseñado para tratar con abstracciones y problemas que están poco o mal definidos de manera que, a menudo, el algoritmo aprende de datos no etiquetados y no estructurados. Las redes neuronales y el aprendizaje profundo se suelen utilizar en aplicaciones de reconocimiento de imagen, habla y visión por ordenador, así como en aplicaciones de fabricación de Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés), y también puede usarse para mantenimiento preventivo en las empresas, por ejemplo, para pronosticar cuándo una máquina alcanzará un grado de funcionamiento defectuoso.

3.3) Unión Europea e inteligencia artificial

En su afán por elaborar una estrategia propia en el ámbito de la IA, la Comisión constituyó en junio de 2018 el Grupo de Expertos de Alto Nivel en IA para apoyar su diseño. A propuesta de una Comunicación previa sobre IA para Europa⁹ en la que se requerían unas directrices éticas en relación con la IA (COM/2018/237), el Grupo la definió con sus principales capacidades y disciplinas científicas (AI-HLEG, 2019b). Para estos expertos, el término IA se aplica a los sistemas que manifiestan un comportamiento inteligente mediante el análisis de su entorno, y tienen la capacidad de emprender acciones con cierto grado de autonomía para lograr objetivos específicos, siendo un sistema de IA en primer lugar, racional.

Los expertos remarcaron también algunas nociones como la IA estrecha (débil o específica) y la IA general (o fuerte). Los sistemas estrechos son aquellos que pueden realizar una o pocas tareas específicas, como jugar al ajedrez o conducir un vehículo. De hecho, todos los sistemas actuales implementados son de estas características. Por el contrario, un sistema de IA general está destinado a realizar la mayoría de las actividades que las personas pueden desarrollar, pudiendo incluso igualar o superar a la inteligencia de los humanos (Kurzweil, 2005; Bostrom, 2014). Además, desde el Grupo de Expertos se ha insistido en el problema de datos y sesgos que se pueda dar cuando se entrena un algoritmo machine learning. Muchos sistemas de IA como los que incluyen componentes supervisados de aprendizaje automático, confían en grandes cantidades de información para su funcionamiento correcto. Pero, si los datos de entrenamiento están sesgados, es decir, no están equilibrados, son insuficientes o no son inclusivos, entonces el sistema no podrá generalizar de manera correcta y posiblemente tomará decisiones injustas que pueden, en su caso, favorecer o penalizar a unos grupos sociales sobre otros.

⁹ Las Comunicaciones de la Comisión Europea son un mecanismo para comunicar directrices políticas a las demás instituciones europeas como el Parlamento Europeo a fin de plantear regulaciones jurídicas.

A estas alturas posiblemente ya estamos en condiciones de comprender la definición de IA que hizo el Grupo de Expertos de la Comisión Europea (AI-HLEG, 2019b):

«Los sistemas de inteligencia artificial (IA) son sistemas de software (y posiblemente también de hardware) diseñados por humanos que, dado un objetivo complejo, actúan en las dimensiones física o digital al percibir su entorno a través de los datos adquisición, interpretando los datos estructurados o no estructurados recopilados, razonando sobre el conocimiento o procesando la información derivada de estos datos, y decidiendo las mejores acciones a tomar para lograr el objetivo dado. Los sistemas de IA pueden usar reglas simbólicas o aprender un modelo numérico, y también pueden adaptar su comportamiento analizando cómo el medio ambiente se ve afectado por sus acciones anteriores.

Como disciplina científica, la IA incluye varios enfoques y técnicas, como el aprendizaje automático (de los cuales el aprendizaje y el aprendizaje por refuerzo son ejemplos específicos), razonamiento automático (que incluye planificación, programación, representación del conocimiento y razonamiento, búsqueda y optimización) y robótica (que incluye control, percepción, sensores y actuadores, así como la integración de todas las demás técnicas en sistemas ciberfísicos)».

El razonamiento de una IA posibilita que un agente haga inferencias basadas en datos, que complete los espacios en blanco cuando haya datos incompletos, y también a darles sentido, es decir, la capacidad de originar información y conocimiento. En cuanto a la definición de robótica, el Grupo de Expertos la define de la siguiente manera (AI-HLEG, 2019b):

«La robótica se puede definir como una «acción de la IA en el mundo físico» (también denominada IA integrada). Un robot es una máquina física que debe enfrentarse a la dinámica, la incertidumbre y la complejidad del mundo físico. Normalmente, la percepción, el razonamiento, la acción, el aprendizaje y las capacidades de interacción con otros sistemas suelen integrarse en la arquitectura del control del sistema robótico. Además de la IA, existen otras disciplinas que desempeñan algún tipo de función en el diseño y funcionamiento de robots, como la ingeniería mecánica o la teoría del control. Los robots incluyen, por ejemplo, manipuladores robóticos, vehículos autónomos (como coches, drones, taxis voladores, etc.), robots humanoides, robots de limpieza, etc.».

Sin embargo, no todos los robots son inteligentes o autónomos. La IA se refiere a los sistemas que muestran un comportamiento inteligente mediante el análisis de su entorno y la toma de acciones con cierto grado de autonomía para lograr objetivos específicos, en oposición a los robots que carecen de estas características y que denominamos robots convencionales. Es decir, considerar a un agente como inteligente significa que ha de ser capaz de aprender y de optimizarse a sí mismo continuamente (Festo, 2019). Por consiguiente, la RA incorpora necesariamente algoritmos machine learning, ya sean mediante software o ya sean incrustados en el hardware. Esta última reflexión nos lleva a afirmar que la IA puede darse sin la RA, pero la RA no sería factible sin la IA.

Recordemos que la autonomía atañe al hecho de que el agente racional puede tomar decisiones propias al disponer de la facultad de aprendizaje, lo que le habilita a un mayor conocimiento y le confiere un mayor grado de libertad o autonomía en sus decisiones y acciones. Por eso, se dice que un agente carece de autonomía cuando se apoya más en el conocimiento inicial que le proporciona su diseñador que en sus propias percepciones, y por lo tanto, cuando carece de cierto umbral de autonomía es totalmente predecible en sus acciones. Tomemos el ejemplo de los coches autónomos para ilustrar la noción anterior. Se citan hasta seis niveles de autonomía, desde el cero, que es el punto de partida en el que la autonomía del coche es nula, hasta el más alto, el cinco, con la mayor automatización (Motor1.com, 2019) (SAE-autodrive, 2014).

El nivel uno designa autonomía básica: la alerta de cambio involuntario de carril o la frenada de emergencia automática. El dos, coche semiautónomo, en el que, por ejemplo, el coche toma el control del volante y los pedales para estacionar. El tres significa que los vehículos replican acciones del conductor y son capaces de analizar el entorno y tomar decisiones. El cuatro es automatización alta. Aquí el vehículo es capaz de circular por sí mismo, aprender del entorno y tomar decisiones sin intervención del conductor, aun cuando su aspecto sigue siendo el de un coche al uso. En este nivel y en el cinco de automatización plena o conectada en que el vehículo es completamente autónomo, hay que tener en cuenta que no todo

depende del vehículo, sino también de la comunicación con las infraestructuras y con otros coches mediante telecomunicaciones con muy baja latencia 5G. Se estima que el nivel cuatro y quizá el cinco, esté en las carreteras europeas a partir de 2030. Y no será por cuestiones técnicas, sino por la exigencia de que tales vehículos sean seguros al 100 % mientras compartan la carretera con automóviles convencionales. Según el Comité Económico y Social Europeo, los vehículos totalmente automáticos suponen un desafío, porque imponen la necesidad de rediseñar el medio que habita el agente, es decir, el sistema vial (2019/C 190/03).

3.4) Big data: recurso digital para generar conocimiento

Las tecnologías pueden clasificarse en tres grandes sistemas técnicos: 1) Informacional, que explota el crecimiento exponencial de los datos (buscadores de internet, análisis del BD, redes sociales, etc.); 2) Transaccional, que digitaliza modelos de negocio (e-Commerce, economía compartida, plataformas digitales de transacciones comerciales de bienes y servicios, etc.); y 3) Operacional, que combina los datos con la automatización (robótica industrial y profesional, fábricas inteligentes, conducción autónoma conectada, etc.). Por lo tanto, el BD se encuentra alineado en mayor o menor medida con los tres grandes sistemas técnicos. Sistemas que han propiciado novedosas habilidades y profesiones, desde especialistas en Apps, Social Media Managers y responsables de e-Commerce, hasta expertas en transformación digital, analistas de BD, científicos de datos en IA, etc.

En diciembre de 2019 existían en el mundo alrededor de 4.400 millones de usuarios de internet, 1.700 millones de sitios web, 2.400 millones de usuarios activos de Facebook y 350 millones de Twitter. En cada segundo se producían cerca de 3 millones de mensajes de correo electrónico, se subían mil fotografías a la red, se realizaban 9.000 tweets, y se visualizaban más de 80.000 videos (Internet live stats, 2019). Medidas como el exabyte (EB) con 10^{18} bytes y el zettabyte (ZB) de 10^{21} bytes, son de uso normal en la literatura actual de informática y telecomunicaciones¹⁰. De hecho, según se desprende de un estudio de investigación, en 2015 el tráfico de datos desde y hacia los centros de tratamiento en todo el mundo fue de 4,6 ZB y se estima que para 2020 será de 15 ZB, de los cuales 2,7 ZB corresponderán a Europa occidental (CISCO, 2016). Llegamos a unas magnitudes tan incomprensibles para la mente humana como concebir la cantidad de estrellas que pueblan este universo. Más aún, la acumulación de bytes registrados diariamente nos lleva a

¹⁰ Si consideramos que la unidad mínima de información es el byte, que equivale a ocho bits (cada bit expresa un uno o un cero, por tanto, un byte en código binario puede representar hasta 2^8 , o lo que es lo mismo, 256 símbolos diferentes), y que un gigabyte equivale a 10^9 bytes, la acumulación de bits nos lleva a unidades de medida como el petabyte de 10^{15} bytes.

unidades de medida como el petabyte que equivale a una masa de datos de 10^{15} bytes, con un peso total de sus electrones que se estima en unos pocos gramos, como una chocolatina.

Los bytes se utilizan para representar símbolos mediante código binario como las letras del alfabeto o los números y caracteres especiales que agrupados componen los datos. Por su lado, un dato es la mínima unidad semántica, pero que por ella misma no ofrece información alguna a no ser que esté referida a algún contexto. Es el caso del número treinta, que por sí mismo no informa de nada, a no ser que el contexto de la magnitud pudiera ser, por ejemplo, la temperatura en grados centígrados de algún lugar, o la velocidad en km/s de la Tierra girando en algún momento alrededor del Sol. Podemos imaginar entonces, que con las medidas del peta, exa y zettabytes, se configuran incontables datos que agrupados componen lo que denominamos información, esto es, un conjunto de datos puestos en contexto y con al menos cierto significado, lo que constituye una de las bases más importantes del conocimiento humano. En otras palabras, los datos en sí mismo no son generadores de valor a menos que sean objeto de un proceso de búsqueda y exploración, contextualización, refinamiento y análisis mediante técnicas de la denominada ciencia de datos (IDC, 2018), que les dote de utilidad al ser transformados en información para generar conocimiento y eventualmente comprensión.

La noción de BD hace referencia a la recopilación, análisis automático y acumulación constante de grandes cantidades de datos digitales, incluidos personales procedentes de diversas fuentes, que son objeto de un tratamiento automatizado mediante algoritmos informáticos. Se utilizan tanto los datos almacenados como los transmitidos en flujo continuo, con el fin de analizar correlaciones, tendencias y patrones (2016/2225(INI)). Tales cantidades masivas de datos se suelen denominar indistintamente en los documentos de la UE como macrodatos o BD (big data), si bien este último es más reconocido en ámbitos empresariales y tecnológicos.

Las vastas cantidades de datos del BD se almacenan y procesan tanto en inmensas granjas de súper servidores, como en los servidores empresariales, corporativos, institucionales, académicos, personales, tablets y smartphones. Los datos se recolectan desde una gran variedad de fuentes, por ejemplo: información personal (historia laboral, expediente médico, número de cuenta corriente, blogs y redes sociales, mensajes, correos electrónicos, textos, videos, fotos, etc.); información empresarial (empleados, sueldos, clientes, ventas, beneficios, estrategias, etc.); información de investigaciones técnicas y científicas (libros, dictámenes, resultados de análisis clínicos, videos de operaciones quirúrgicas, etc.); sensores ambientales (luz, humedad, temperatura, velocidad del aire, nivel de CO², etc.); y sensores biométricos personales implantados dentro del cuerpo o sobre la piel (tensión arterial, temperatura corporal, sudor, ansiedad, angustia, miedo, placer, etc.). Un mundo de datos que podría socavar al humanismo y conducirnos a una distopía (o utopía) como el dataísmo¹¹.

En este orden de cosas, curiosamente, el Comité Económico y Social Europeo se plantea la cuestión de las posibilidades y los riesgos que conlleva el desarrollo de la autoconsciencia y la superinteligencia de las máquinas, que es la singularidad, en la cual la IA supera la inteligencia de los humanos, es decir, una inteligencia general o fuerte de características artificiales mucho más elevada que la nuestra. Recuerda el Comité, que según Stephen Hawking, el desarrollo de una IA mucho más elevada que la nuestra significaría el fin de la

¹¹ El dataísmo o religión de los datos, afirma que el universo consiste en un flujo de datos, en el que el valor de cada fenómeno o entidad está determinado por su contribución al sistema de proceso global de información. Desde la perspectiva dataísta, se puede interpretar la especie humana como un conjunto de procesadores de información que contribuyen al sistema cuando incrementan el número de procesadores (humanos) y las conexiones entre ellos para proporcionar al sistema un flujo continuo de nuevos datos. Es decir, más y más datos que generan información y un mayor conocimiento y comprensión del propio sistema. El dataísmo proporciona una única teoría que unifica todas las disciplinas científicas, tanto las ciencias de la vida como las formales y las sociales. Está constituido por la confluencia de la ciencia de la computación con los algoritmos electrónicos y la biología con los algoritmos bioquímicos, y sostiene que exactamente las mismas leyes matemáticas se aplican a ambos tipos de algoritmos, por lo que las barreras entre animales y máquinas se diluyen, y en consecuencia, a nuestro entender, en este paradigma desaparece el eventual *libre albedrío* de las personas (Harari, 2017 pp. 429-441).

humanidad, y llegado ese momento la IA evolucionaría a un ritmo que los humanos no podrían seguir. Así y todo, el Comité apunta una solución por la que algunos expertos abogan: un *kill-switch* o *reset-button*, esto es, un botón para desactivar o reiniciar los sistemas de IA *desbocados* o superinteligentes. También señala que hay áreas en las que la IA plantea desafíos sociales que habrá que abordar tarde o temprano: ética, seguridad, privacidad, transparencia y rendición de cuentas, trabajo, educación y desarrollo de capacidades, (des)igualdad e inclusión, legislación y reglamentación, gobernanza y democracia, y superinteligencia. Es decir, el Comité señala ámbitos muy importantes y relevantes de la sociedad donde la IA puede tener un impacto importante que habrá que considerar y estudiar (2017/C 288/01). En cualquier caso, sirva este ejemplo para advertir que este tipo de tecnologías digitales avanzadas quedan al margen del alcance de esta tesis doctoral.

Los datos digitales que constituye el BD se caracterizan por lo que ha venido en llamarse *las cinco uves* que hacen referencia a: 1) Un gran volumen de datos (digitales masivos); 2) Una gran variedad de fuentes (diferentes bases de datos y formatos tanto estructurados (textos) como no estructurados (voz, imagen, video); 3) Una alta velocidad con la que se están generando continuamente a menudo en tiempo real; 4) La veracidad de los mismos, es decir, cuáles son correctos y cuáles no; y 5) Su valor, esto es, qué tan pertinente son unos datos en concreto para algún estudio particular (Gartner, 2012).

El BD es un elemento consustancial a los agentes de software de IA, dado que éstos se *alimentan* de datos. Entre las múltiples aplicaciones de la IA sobre el BD encontramos desde pronosticar enfermedades y prevenir epidemias, hasta reducir consumos energéticos, pasando por inducir comportamientos personales y sociales, favorecer preferencias de compra para los clientes en productos y servicios, favorecer o perjudicar a partidos políticos u organizaciones, desarrollar hábitos de ocio y trabajo, mejorar pautas de transporte,

trabajar la minería de argumentos¹², etc. Con la IA se abre la posibilidad de dar sentido y utilidad a los datos, porque se puede construir información para detectar y avanzar a los problemas, y por lo tanto, gestionarlos más eficazmente. La IA puede ayudar también a encontrar variables, patrones y tendencias entre millones de datos procedentes de textos, documentos gráficos o cualquier elemento como videos, tomografías o bandas espectrales. Variables inencontrables humanamente por el enorme volumen y variedad de fuentes, pero que pueden ser reveladas con la asistencia de la IA, incluso con la posibilidad de avalar, refutar y originar hipótesis y teorías científicas. Es por esto que el BD sin el análisis de la IA sería un fabuloso recurso documental de baja o nula utilidad, o sea, inoperativo.

Tanto es así, que los macrodatos o BD junto a la IA son un recurso digital estratégico para la economía. De hecho, en diciembre de 2018 la Comisión Europea publicó un plan coordinado sobre la IA, en el que se revelaba la importancia del BD y de la supercomputación para su análisis, al afirmar que el crecimiento de la capacidad informática, la disponibilidad de datos, y los avances en los algoritmos machine learning, han convertido la IA en una de las tecnologías más estratégicas del siglo XXI (COM/2018/795). En este sentido, la Comisión sostiene que la IA será la principal impulsora del crecimiento económico y productivo, y en consecuencia contribuirá a la mejor sostenibilidad y viabilidad de la base industrial de Europa. Es por ello, que estima necesario aumentar el crecimiento de la capacidad informática con el empuje presupuestario a la infraestructura europea de datos en la nube, y la iniciativa de computación de alto rendimiento EuroHPC, con el fin de desarrollar la próxima generación de supercomputación para procesar el BD.

¹² La minería de argumentos es una técnica informática que consiste en analizar textos escritos de los que extraer frases para argumentar a favor o en contra de algún tema. Un buen ejemplo es Project Debater, una IA de redes neuronales de IBM equivalente a Watson del programa Jeopardi (NBC Universal, 2013) capaz de debatir contra los mejores polemistas humanos del mundo. Debater analiza textos muy extensos, construye discursos bien estructurados sobre un tema, los expone con claridad e intencionalidad y refuta con argumentos contundentes a sus oponentes. Puede *alimentarse* de bases de datos de más de 10.000 millones de frases de periódicos, libros y textos académicos en cuestión de minutos, por ejemplo, sobre educación (IBM, 2019).

3.5) Nube de datos y supercomputación

El mundo está siendo testigo de un crecimiento vertiginoso en cantidad y variedad de los datos generados. Junto a los creados por los miles de millones de personas que utilizan dispositivos y servicios digitales por motivos personales y profesionales, y los generados por el creciente número de objetos conectados, están los procedentes de la investigación, de las obras y los archivos digitalizados y de los servicios públicos, tales como hospitales y catastros. Este fenómeno del BD crea nuevas posibilidades para compartir conocimientos, investigar, elaborar y aplicar políticas públicas. Además, gracias a la computación en la nube, cada vez resulta más fácil explotar estos datos. La nube puede entenderse como la combinación de tres elementos interdependientes: las infraestructuras en las que se almacenan y gestionan los datos, las redes de banda muy ancha que los transportan a formidables velocidades, y los superordenadores cada vez más potentes que se utilizan para procesarlos (COM/2016/178).

El almacenamiento de datos en la nube es un modelo de las TIC basado en internet, en el que los proveedores que administran y operan el almacenamiento ofrecen el acceso a los datos como un servicio. Para Mell y Grance (2011) las características principales de este modelo son: un autoservicio a demanda del consumidor de datos, un amplio acceso a la red (a través de teléfonos móviles, tablets, ordenadores, etc.), una puesta en común de recursos para diferentes consumidores (que da la sensación de independencia de la ubicación física de la infraestructura de la nube, por ejemplo, país, estado o centro de datos), una elasticidad rápida en función de la demanda (para el consumidor los recursos y capacidades disponibles para el aprovisionamiento de datos parecen ilimitadas), y un control del uso de recursos que brinda transparencia en la facturación de los servicios.

Dicho en otros términos, utilizando la nube, hasta las más pequeñas empresas pueden llegar a mercados cada vez mayores, y las administraciones públicas pueden hacer sus servicios más eficientes y atractivos, ya que tal como internet permite la disponibilidad ubicua de la información, la supercomputación en la nube permite la capacidad de procesamiento

informático también en todas partes y con diferentes modelos de servicio y de despliegue. Atender a los desafíos específicos de estas tecnologías significaría una adopción más rápida y armonizada de la tecnología por las empresas, organizaciones y autoridades públicas europeas, lo que aportaría por el lado de la demanda un crecimiento acelerado de la productividad y una mejora de la competitividad en el conjunto de la economía, y por el lado de la oferta un mercado más amplio en el que Europa se convertiría en un actor mundial clave (COM/2012/529).

Se dan básicamente tres modelos de servicio: el software como servicio (SaaS) en el que el consumidor de datos utiliza las aplicaciones del proveedor que se ejecutan en una infraestructura en la nube, donde son accesibles desde múltiples dispositivos cliente a través de una interfaz web como el correo electrónico; la plataforma como servicio (PaaS) en la que la capacidad proporcionada al consumidor es la de implementar en la infraestructura aplicaciones del consumidor; y la infraestructura como servicio (IaaS) en la que el consumidor no gestiona ni controla la infraestructura, pero tiene control tanto sobre los sistemas operativos como sobre el almacenamiento y las aplicaciones que se implementan en ella.

Por su parte, entre los modelos de despliegue de la nube de datos se encuentran: la privada diseñada para uso exclusivo de una sola organización; la pública, provista para uso abierto por el público en general que puede ser propiedad, administrada y operada por una organización empresarial, académica o gubernamental, o alguna combinación de ellos; y la nube híbrida, que es una composición de dos o más nubes privadas y públicas que siguen siendo entidades únicas, y están vinculadas por tecnología estandarizada que permite la portabilidad de datos y aplicaciones entre ellas.

La primera nube comercial (en modalidad SaaS) fue desplegada en 1999 con el programa de gestión de ventas Salesforce.com (Jamsa, 2013), gracias a que en 1989 el científico británico Tim Berners-Lee implementara la red internet tal y como la conocemos hoy, al establecer la

primera conexión entre un ordenador cliente y un servidor empleando el protocolo denominado *http* (Hypertext Transfer Protocol). A partir de entonces, otras compañías como Amazon en 2002, lanzaron al mercado plataformas que ofrecían almacenamiento y recursos de computación en la nube (cloud computing) mediante la plataforma Amazon Web Services. En 2011 se definieron los modelos de servicios de nube por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) comentados anteriormente (SaaS, PaaS y IaaS) y a partir de entonces el uso de esta tecnología se ha incrementado exponencialmente. En la actualidad la nube pública está muy polarizada en cuatro plataformas: Amazon Cloud, Microsoft Azure, Google Cloud y Ali Baba Cloud, que acaparan alrededor del 80% de los servicios de nube globales (Cinalli, 2020).

Por una parte, las ventajas de esta tecnología son numerosas, como el teletrabajo y el acceso a la información desde cualquier parte del mundo mediante internet, y por otra, abre la puerta a diversos problemas. La Alianza para la seguridad en la nube (CSA, Cloud Security Alliance) establecida a finales de 2008 en los Estados Unidos, señala algunos riesgos y amenazas en el ciclo de vida de la seguridad de los datos (creación, almacenamiento, uso, compartición, archivo a largo plazo, y por último, destrucción) que básicamente podemos resumirlas en dos factores: de seguridad (ciberataques, pérdida, deslocalización de los datos, etc.) y de privacidad (robo, modificación y borrado, suplantación, etc.) (CSA, 2017). Ambos afectan en gran medida a la economía de los datos y a las normativas jurídicas europeas, aspectos que desarrollaremos más adelante.

Tanto para tratar el BD como para realizar tareas de cálculos científicos, técnicos o industriales, se requieren potentes máquinas que sean capaces de realizar procesos de supercomputación, que se caracterizan por granjas de ordenadores con una velocidad de tratamiento de miles de millones de instrucciones por segundo y cientos de miles de usuarios trabajando concurrentemente, así como de instalaciones especiales para albergar el hardware. La supercomputación fue inventada por el norteamericano Seymour Cray en 1963 con el supercomputador CDC 6600. En la actualidad la Empresa Común Europea de

Computación de Alto Rendimiento (EuroHPC JU) coordina esfuerzos para poner en común sus recursos con el objetivo de desplegar en Europa la supercomputación de clase mundial para el procesamiento de datos en ciencia y tecnología (EuroHPC, 2019). Algunos ejemplos de aplicaciones que exigen capacidades informáticas de supercomputación son: la simulación completa de un avión de la próxima generación, la elaboración de modelos climáticos, la determinación de los vínculos entre genoma y salud, y la comprensión del cerebro humano.

En este sentido, EuroHPC JU busca proporcionar soluciones informáticas, mejorando la cooperación en investigación científica e impulsando la competitividad industrial y la autonomía tecnológica y digital europea. Algunos de los nuevos supercomputadores serán: el LUMI de la empresa americana HPE Cray con rendimiento de 552 petaflops (10^{15} operaciones por segundo); y el LEONARDO de la empresa francesa Atos (la única empresa europea fabricante de superordenadores que también instalará los supercomputadores VEGA de 10,1 petaflops en Eslovenia y PetaSC de 6 petaflops en Bulgaria) con 322 petaflops y preparado para tratamiento de IA (EuroHPC, 2020).

En este contexto, la Comisión, a través de los Programas Marco Horizonte 2020 y Horizonte Europa (2021-2027) quiere que en 2023 la tecnología europea de la supercomputación esté en condiciones de competir a nivel mundial. Asimismo, el proyecto Quantum Flagship pretenden liderar a largo plazo las tecnologías cuánticas, que se basan en utilizar las propiedades atómicas de las partículas para procesar información. La Comisión Europea invertirá mil millones de euros en la próxima década en el citado proyecto de supercomputación cuántica (Q_F, 2019).

En suma, como hemos comprobado a lo largo del capítulo, la IA con la RA y el BD, combinan elementos analógicos y digitales que están entrelazados, porque la IA puede darse sin la robótica, mas ésta no puede ser operativa sin la IA. A su vez, la IA puede darse sin el big data, pero este también es inoperativo sin la IA; y la IA sin aplicación en la robótica y el big data,

no podría realizarse en una tecnología útil para la sociedad. Son, pues, en estas vinculaciones donde encontramos las interrelaciones entre la IA, la RA y el BD, que pueden constituir un Sistema Tecnológico de gran escala en el ámbito de la Unión Europea, que analizaremos más adelante. Así pues, los objetos técnicos que abordamos en esta tesis doctoral se refieren a los relacionados con la IA estrecha o específica, dejando para otros trabajos aspectos de IA general o fuerte como la autoconsciencia y la superinteligencia de las máquinas.

PARTE SEGUNDA

LAS NARRATIVAS DE LA TECNOLOGÍA, medicina, industria, economía, derecho, ética y política han contribuido a hilar las historias del pasado y del futuro de la Europa unida en la diversidad.

4) LAS POLÍTICAS ESTRATÉGICAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

EL CONSEJO Y LA COMISIÓN HAN SIDO MUY PROACTIVOS desde los albores de la Comunidad Europea en impulsar la investigación en ciencia y tecnología. Los primeros pasos para promover una política común se dieron en 1957 con la fundación del Servicio Científico de la Comisión Europea denominado Joint Research Centre. En la década de los ochenta del siglo XX se establecieron los programas de las TIC, y a su vez se impulsaron los Programas Marco de investigación y desarrollo tecnológico que financian proyectos de tecnología digital avanzada. ¿Ha contribuido la I+D+i europea a impulsar la IA, la RA y el BD?

4.1) Programas tecnológicos estratégicos de I+D+i

En conjunto, entre 1950 y 1973 la economía de los Estados miembros de la Comunidad Europea creció espectacularmente al igual que en otros países occidentales. Por ejemplo, el PIB per cápita de Alemania Occidental aumentó hasta más del triple en términos reales, el de Francia creció en un 150 por ciento, la economía italiana que partía de una base inferior mejoró todavía más, y la economía de los Países Bajos creció un 3,5 por ciento cada año entre 1950 y 1970, siete veces el índice medio anual de crecimiento de los cuarenta años anteriores (Judt, 2006). De repente, las cosas cambiaron de rumbo.

El 6 de octubre de 1973, Egipto y Siria atacaron Israel para recuperar el Sinaí y los Altos del Golán. Al día siguiente, los principales productores de petróleo árabes anunciaron la reducción de la producción del crudo. Diez días después, decretaban un embargo contra Estados Unidos en represalia por su apoyo a Israel e incrementaban en un 70 por ciento el precio del petróleo que desató una crisis internacional. Se deterioró la balanza comercial de los países no productores, se redujo la actividad económica y se produjo una estanflación, es decir, un aumento simultáneo del desempleo y la inflación. Con la caída en enero de 1979 del Sha de Persia y la llegada al poder al mes siguiente del ayatolá Jomeini que significó la instauración de la República islámica de Irán, se desató una nueva subida de los precios del crudo que llevó el pánico a los mercados, haciendo que su precio registrara un incremento del 150 por ciento entre diciembre de 1979 y mayo de 1980, que alargó la crisis económica durante la década de los ochenta. Las dos crisis coincidieron en el tiempo con la globalización de la economía que favoreció una división internacional del trabajo, en la que cada país se especializó en los sectores para los que contaba con más ventajas. Así, algunos países asiáticos lo hicieron en industrias tradicionales (siderurgia, construcción naval, textil) y en sectores de montaje en los que eran muy competitivos por el bajo coste de su mano de obra, desencadenando la deslocalización de partes de la producción europea a países orientales y provocando una crisis de esos sectores en los países industrializados. Por ejemplo, entre 1974 y 1986, la siderurgia británica perdió 166.000 empleos (Judt, 2006) (Maddison, 1988).

En este panorama, a finales de los setenta, los Jefes de Estado y de Gobierno europeos reconocieron la necesidad de identificar nuevas fuentes de crecimiento y empleo para compensar los difíciles ajustes a los que se veían obligados a someterse las industrias tradicionales como el carbón, el acero, la construcción naval y el textil (COM/1979/650). A su vez, las nuevas tecnologías como las TIC parecían ofrecer grandes oportunidades para lograr un alto desarrollo y crecimiento económico y transformar la manera en que la sociedad podría funcionar, prometiendo reducir enormemente los costes en el trabajo de oficina y la producción industrial, además de ofrecer a la ciudadanía una amplia gama de bienes y servicios sociales nuevos y mejorados. Como augurio de las políticas que han impulsado la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica, la Comisión Europea manifestó en 1977 nombrando por primera vez la IA, que «los procesos tecnológicos revolucionarios y aparentemente visionarios como aquellos que están involucrados en inteligencia artificial o ingeniería genética, se están convirtiendo en realidades y debemos prepararnos ahora para las realidades del mañana» (COM/1977/283 vol. 2, pág. 48).

No obstante, en términos de empleo, para los Jefes de Estado y de Gobierno estas nuevas tecnologías traerían una reducción en los trabajos de carácter repetitivo, ya fuera en la oficina o en la fábrica. La cuestión residía en averiguar si las industrias y los servicios podían generar nuevos productos y servicios para el mercado mundial a tal escala, que los nuevos empleos creados superasen en número a los perdidos. Así pues, la noción de desempleo tecnológico¹ fue avistada en 1979 (COM/1979/650), y sería de nuevo rescatada en un informe de la Comisión de abril de 1993 sobre la protección social en Europa, en el que se explicita que «la trampa de la pobreza podría eliminarse completamente mediante fórmulas

¹ A este respecto, en 1930, el economista británico John Maynard Keynes pronunció en Madrid la conferencia denominada “Las posibilidades económicas de nuestros nietos”, en la que auguraba que la jornada laboral en el futuro podría reducirse a unas tres horas diarias, es decir, unas quince (o dieciocho) horas semanales ante el avance de la tecnología (Mas-Colell, 2009). El economista acuñó el término desempleo tecnológico en el sentido del descubrimiento de medios para economizar el uso de la mano de obra que supera el ritmo al que podemos encontrar nuevos usos para el trabajo, aunque se apresuró a añadir que si bien el desempleo tecnológico es negativo a corto plazo, es positivo porque significa que la humanidad soluciona sus problemas económicos (Keynes, 1936).

radicales de las que se habla a veces. En concreto, este sería el caso de los regímenes de renta básica (o dividendo social), de acuerdo con los cuales todos recibirían un importe básico con independencia de sus recursos» (COM/1993/531 pág. 93).

Para la Comisión, la sociedad europea de finales del siglo XX era ya una sociedad de la información en la que el coste de las comunicaciones se estaba reduciendo de manera considerable, tanto por las telecomunicaciones de las tecnologías digitales y electrónicas (satélites artificiales, fibras ópticas, etc.), como por la disponibilidad de la IA, entendida como el procesamiento en componentes condensados en un solo chip con la potencia de un ordenador grande (COM/1979/650). En esta explicación se estaba confundiendo la eficiencia del hardware y la reducción de su coste (la conocida como ley de Moore²) con la tecnología software propiamente dicha de la IA, dado que tal y como hemos visto con anterioridad, la IA se refiere a los sistemas artificiales que son capaces de analizar su entorno y pasar a la acción con cierto grado de autonomía para alcanzar objetivos específicos. Esta anécdota nos da a entender que en 1979 la noción de IA no estaba bien definida por parte de la Comisión e incluso se confundía técnicamente con los sistemas expertos.

Estos sistemas son programas que simulan las capacidades de expertos humanos. El término se debe a que los informáticos investigaban sus conocimientos con el fin de implementarlos en algoritmos convencionales (Lee, 2020). Se desarrollaron en los años setenta del siglo XX, crecieron en popularidad durante los ochenta y comenzaron a caer en desuso a partir de los noventa. Pertenecen a la aproximación top-down de conseguir IA mediante programación convencional en la que se indica al ordenador los pasos exactos que debe seguir para ejecutar un programa informático, frente a la aproximación bottom-up de aprendizaje automático por interacción con el entorno y programación por datos (machine learning), que es el tipo de IA que tratamos en esta tesis doctoral.

² La ley de Moore postulaba en 1965 que, alrededor de cada dos años se duplica del número de transistores en un microprocesador.

En cualquier caso, las tecnologías electrónicas y digitales con la IA ya estaban en las agendas de los líderes europeos, y a principios de la década de los ochenta, la Comisión adoptó la decisión de establecer un programa específico para promover actividades de investigación y desarrollo en el sector de las TIC. Denominado ESPRIT (European Strategic Programme for Research in Information Technology), fue concebido para realizar proyectos en los que colaborasen Estados miembros de la Comunidad Europea (COM/1982/486). Se sucedieron cinco fases con algunas de ellas solapadas, y a la vez entrelazadas con los cuatro primeros Programas Marco de investigación y desarrollo tecnológico. Fueron las siguientes:

Tabla 1. *Programas European Strategic Programme for Research in Information Technology (ESPRIT)*

| Programa/ fase | Desde | Hasta | Presupuesto (en €) | Proyectos | IA |
|-------------------|-------|-------|-----------------------|--------------|-----------|
| PRE-ESPRIT 0 | 1983 | 1983 | 11,5 M | 16 | 0 |
| ESPRIT-FP1 | 1984 | 1988 | 750 M | 241 | 16 |
| ESPRIT-FP2 | 1987 | 1992 | 1.600 M | 434 | 20 |
| ESPRIT-FP3 | 1990 | 1994 | 1.532 M | 604 | 10 |
| ESPRIT-FP4 | 1994 | 1998 | 2.084 M | 1.633 | 4 |
| | | | <i>5.977,5 M</i> | <i>2.928</i> | <i>50</i> |

En total se realizaron 2.928 proyectos, de los cuales hemos hallado cincuenta en los que se menciona la IA. Un buen ejemplo es el proyecto de investigación para industrializar la producción de sistemas expertos (Expert System Builder) fundado en 1984, en el que se diseñó un sistema desarrollador para el uso de personal no experimentado en IA con el propósito de producir y comprobar los propios sistemas expertos (ESB, 1992). Otro ejemplo fue el proyecto IKAROS, fundado en 1986 y destinado a evaluar técnicas de IA para la comprensión del habla. El proyecto terminó con la presentación de un demostrador experimental que actuaría como vehículo de experimentación en el uso de técnicas de IA (Ikaros, 1992).

La importancia de un desarrollo científico y técnico equilibrado y más amplio en el seno de la Comunidad Europea, motivó el establecimiento en 1983 del primero de los Programas Marco dirigidos a fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i). Estos Programas Marco tienen como principal objetivo la mejora de la competitividad mediante la financiación de actividades de investigación, desarrollo tecnológico, demostración e innovación en régimen de colaboración entre empresas e instituciones de investigación pertenecientes a los Estados miembros y terceros países (Ciencia.gob.es, 2019). Son los siguientes:

Tabla 2. Programas Marco de investigación y desarrollo tecnológico.

| Programa | Periodo | Presupuesto | Decisión del Consejo |
|-----------|-----------|---------------|-----------------------|
| 1 | 1984-1987 | 3.750 M ecus | 31983Y0804(01) |
| 2 | 1987-1991 | 5.396 M ecus | (87/516/Euratom, CEE) |
| 3 | 1990-1994 | 5.700 M ecus | (90/221/Euratom, CEE) |
| 4 | 1994-1998 | 11.046 M ecus | (1110/94/CE) |
| 5 | 1998-2002 | 13.700 M ecus | (182/99/CE) |
| 6 | 2002-2006 | 16.270 M € | (1513/2002/CE) |
| 7 | 2007-2013 | 50.521 M € | (1982/2006/CE) |
| 8 (H2020) | 2014-2020 | 76.880 M € | (2013/743/UE) |

Los objetivos del Primer Programa (1984-1987) fueron: la promoción de la competitividad agrícola e industrial, la mejora de la gestión de las materias primas y de los recursos energéticos, el incremento de la ayuda al desarrollo, la mejora de las condiciones de vida y de trabajo, y el aumento de la eficacia del potencial técnico y científico. El segundo Programa Marco (1987-1991) incorporó áreas de trabajo en IA sobre todo en acciones orientadas a la investigación básica (electrónica molecular), ciencia cognoscitiva y diseño de sistemas. También se ocupó de actividades relacionadas con la integración de las TIC y la radiodifusión con vistas a nuevas aplicaciones que respondieran a necesidades comunes europeas.

El tercer Programa Marco (1990-1994) aportó fondos en mayor medida para las TIC por un importe de 2.221 millones de ecus³. El resto se repartió entre tecnologías industriales y de los materiales, gestión de los recursos naturales (medio ambiente, ciencias y tecnologías marinas y de los seres vivos, y energía), y para el aprovechamiento de los recursos intelectuales (capital humano y movilidad). El cuarto Programa Marco (1994-1998) dirigió la industria hacia un modelo de desarrollo sostenible caracterizado por una mayor importancia de la calidad de vida y por un uso más racional de los recursos naturales, ya que los procesos de producción deberían estar basados en tecnologías limpias y renovables.

Los Programas Marco posteriores fueron en esencia una continuación de los cuatro anteriores que financiaron proyectos como los que veremos enseguida, pero entre todos resalta el octavo, conocido como Horizonte 2020 (2014-2020). Financia de forma decidida proyectos estratégicos de IA de aprendizaje automático, como AI4EU (Inteligencia Artificial para la UE), un proyecto colaborativo constituido por un consorcio de 79 empresas europeas en 21 países que pone a disposición de los usuarios recursos basados en IA (AI4EU, 2020). Trata de facilitar tanto la investigación científica, la innovación y el análisis de las necesidades de investigación futura en IA, como de fundar un observatorio de ética que vele por una IA centrada en el ser humano⁴.

³ El ecu era una unidad monetaria usada en la Comunidad Económica Europea antes de la entrada en circulación del euro como moneda única. Se creó en 1979 y se utilizaba para los documentos jurídicos y financieros además de unidad de cuenta en el Sistema Monetario Europeo.

⁴ Con respecto a este enfoque de autorregulación ética, es de reseñar que el STOA (Scientific and Technological Options Assessment) preparó el estudio sobre estos aspectos en los sistemas ciberfísicos para el Parlamento Europeo. Muchas de sus resoluciones se sustentan en dictámenes del panel de evaluación de las opciones científicas y tecnológicas del STOA adoptado en 1985 como estructura del Parlamento. A efectos de evaluación y prospectiva de las opciones tecnológicas, STOA realiza estudios y organiza talleres, debates y visitas a instituciones científicas y técnicas (EP, 2019).

4.2) Proyectos financiados con Programas Marco y JRC

Algunos de los proyectos financiados por los Programas Marco que han contribuido a impulsar la IA, RA y BD europea son los siguientes:

- Imitation of movements as a step towards the development of artificial social intelligence for autonomous robots (1996-1998), dedicado a investigar el desarrollo de la IA social para que los robots autónomos aprendan a identificar personas específicas dentro de un grupo, con el fin de habilitar interacciones sociales complejas y aprender nuevos patrones de movimiento. Un proyecto de carácter teórico que debería señalar una nueva dirección hacia la construcción de artefactos inteligentes (Vrije, 1996).
- Research training in artificial intelligence for industrial applications AI4IA (2005-2009), un proyecto de formación tecnológica cuyo objetivo principal era desarrollar la capacidad de once profesionales para investigar, identificar, demostrar y promover técnicas de IA para aplicaciones industriales. La motivación de este proyecto residía en que las aplicaciones de IA en la industria podían aumentar drásticamente la agilidad, velocidad y calidad del diseño, así como la implementación y el control en los procesos industriales (SKF, 2005).
- PRe-MaS (2011-2013), con el que se trataba de responder a cuestiones sobre cómo construir agentes inteligentes como vehículos autónomos y la comunicación entre ellos, para formar redes vehiculares y la infraestructura que lo hiciera posible (DELFT, 2011).
- Goal-based Open-ended Autonomous Learning Robots (2016-2020), que tenía como objetivo desarrollar un nuevo paradigma para construir robots de aprendizaje abierto llamado "Aprendizaje Autónomo de Composición Abierta basado en objetivos" (GOAL), por el que los robots debían de ser capaces de autogenerar objetivos y desarrollar tareas específicas. Esta característica sería esencial en el diseño de robots de servicio que aborden necesidades sociales como los robots de asistencia geriátrica (Ricerche, 2019).

- BrainedFactory (2018-2018), una plataforma Smart Factory (fábrica inteligente) basada en un entorno IA y BD que integra la Industria 4.0 y la transformación digital para agilizar y mejorar todo el proceso de producción. Proporciona presupuestos, ingeniería de procesos y fabricación de piezas industriales con la máxima personalización en el diseño de procesos, tiempo de entrega y reducción de coste, mayor capacidad del plan de producción, escalabilidad, estabilidad, menos errores durante el proceso y mantenimiento predictivo (SRL, 01).
- Coroma (2016-2019), coordinado por el centro tecnológico vasco Ideko, investiga la nueva generación de robots impulsados por IA para los procesos de fabricación en el sector naval, aeronáutico y energético. El robot navegará de forma autónoma en el taller y percibirá la escena de fabricación localizando las piezas a fabricar y manejando las herramientas necesarias, y todo ello, aprendiendo de la experiencia. El consorcio del proyecto presenta un equilibrio perfecto entre los actores de los sectores de fabricación y robótica. El proyecto concluyó con éxito a finales de 2019 con la participación de dieciséis empresas, centros tecnológicos y universidades (Ideko, 2016) (SPRI, 2020).
- ExtremeEarth (2019-2021), centrado en el desarrollo de las tecnologías que se espera que hagan Europa pionera en el área de Extreme Earth Analytics, es decir, en las técnicas de IA que se necesitan para extraer información y conocimiento de los petabytes del BD procedente del programa Copérnico de vigilancia de la Tierra aportados por los satélites Sentinel. Para los expertos del proyecto, las actividades de investigación e innovación avanzarán significativamente en las fronteras en BD, Earth Analytics y Deep Learning for Copernicus Data y Linked Geospatial Data, y convertirán a Europa en el mejor actor internacional en estas áreas (Kapodistriako, 2019).

La financiación para la IA en el marco del programa de Horizonte 2020 ha sido muy relevante. De hecho, las inversiones globales fueron de cerca de 1.100 millones de euros en investigación e innovación relacionada con la IA, en particular en macrodatos [big data], sanidad, rehabilitación, transporte e investigación espacial (COM/2018/237).

Asimismo, el Joint Research Centre (JRC) realiza investigaciones de vanguardia para explorar temas de importancia social incluidas en áreas de naturaleza estratégica (CE, 2020b). Un buen ejemplo es el proyecto HUMAINT (HUMAN Behavior and MACHINE INTElligence in the Digital Transformation) que estudia desde 2017 el eventual impacto de la IA, prestando especial atención al aprendizaje automático sobre la conducta y el comportamiento del ser humano, las capacidades cognitivas y la forma de toma de decisiones personales. El proyecto aborda también cuestiones éticas, y se ha constatado la necesidad de crear códigos claros de conducta para desarrolladores y profesionales (Humaint, 2020) (JRC, 2017).

El JRC, conocido también como Centro Común de Investigación (CCI), fue fundado en 1957 como parte de la Comunidad Europea de la Energía Atómica (Euratom) mediante una colaboración de los seis Estados miembros: Alemania Occidental, Francia, Bélgica, Italia, Luxemburgo y los Países Bajos. Tuvo en sus inicios la misión de realizar investigaciones sobre energía nuclear con fines civiles, pero con los años se fue expandiendo a diversos campos de investigación científica no nuclear y pasó a desempeñar otras misiones como la de apoyar las políticas de carácter científico. El conocimiento producido por el JRC se pone al servicio de la ciencia y la tecnología a través de la plataforma EU Science Hub (CE, 2020a) proyectada para integrar y agregar las actividades, herramientas, laboratorios, bases de datos y redes relacionadas con la ciencia con el objetivo de mejorar la transparencia del JRC y posibilitar las políticas de acceso abierto a los datos científicos (Science Hub, 2020a).

4.3) Asociaciones público-privadas en IA, RA y BD

Cabe destacar también el desarrollo de otras iniciativas de alcance estratégico para la IA, la RA y el BD como el acuerdo de diciembre de 2018 por el que las asociaciones público-privadas Big Data Value Association (BDVA) y euRobotics aunaron esfuerzos y fundaron la asociación Artificial Intelligence Public-Private Partnership (AI-PPP) con el objetivo de reforzar su colaboración e impulsar la IA en Europa (CE, 2018a). Se espera que esta asociación ayude a aumentar la competitividad en la industria y los negocios en sectores que son de importancia crítica para la UE. Tienen como objetivo principal coordinar los ámbitos público y privado para desarrollar, implementar y financiar conjuntamente proyectos de investigación e innovación en sectores especialmente importantes desde el punto de vista europeo e internacional. De esta manera se pretende dar respuesta a unas necesidades de financiación a las que no se podría hacer frente ni desde el sector privado ni desde los Estados de manera individual.

Otra importante asociación público-privada es SPIRE (Sustainable Process Industry through Resource and Energy Efficiency) interesada en las fábricas inteligentes, las bioindustrias⁵ y la industria de transformación sostenible mediante la eficiencia de los recursos y la energía (Spire, 2019). Fue diseñada en el año 2013 dentro del Plan de Acción para una Industria del Acero Competitiva y Sostenible en Europa (COM/2013/407). SPIRE es gestionada por la Asociación Europea A.SPIRE, que representa al 20% del total del sector manufacturero europeo en empleo y facturación, con más de 150 partes interesadas en procesos innovadores industriales y de investigación de más de una docena de países. Reúne sectores del cemento, cerámica, productos químicos, ingeniería, minerales, metales, acero y agua. Entre algunos de sus asociados se encuentran compañías como Arcelor Mittal, BASF, Bayer,

⁵ Las bioindustrias (basadas en técnicas biológicas) tienen el objetivo de maximizar el potencial de la bioeconomía en Europa utilizando tecnologías innovadoras para transformar residuos biológicos en productos ecológicos (BBI, 2019).

Cemex, Michelin, Repsol e instituciones como el Instituto Tecnológico de la Informática de València (ITI).

A.SPIRE sostiene que la IA tiene un gran potencial para ayudar a la industria de la UE en su propósito de alcanzar transformaciones disruptivas que fortalezcan su competitividad global y la capacidad de contribuir a una economía neutra en carbono, además de aportar soluciones de economía circular. Por ejemplo, la empresa química alemana BASF afirma aplicar la IA en la investigación de materiales para acortar los tiempos en conseguir nuevos productos y procesos que incluyen el diseño de experimentos y evaluaciones de pruebas de aplicación. Es reseñable que las aplicaciones de la IA en la industria pasan por lograr beneficios en términos de reducción del consumo de energía, reducción de la contaminación ambiental y realización de una economía circular completa (AI-SPIRE, 2019).

Las asociaciones público-privadas (APPs) comenzaron a ser fundadas por la Comisión en 2013, y están fiscalizadas por el Tribunal de Cuentas Europeo (TCE, 2018). Algunas de ellas son: fábricas del futuro (FoF), edificios energéticamente eficientes (Eeb), iniciativa europea para los coches ecológicos (EGVI), plataforma para el internet del futuro (FIWARE), transformación sostenible industrial mediante la eficiencia de los recursos y la energía (SPIRE), robótica (SPARC Robotics), computación de alto rendimiento (HPC), fotónica (Photonics 21) y logística y transporte ferroviario (Shift2Rail).

Características y síntesis

El relato tecnológico de los programas de investigación y desarrollo de las TIC y de los Programas Marco, se reconocen en la cita de 1977 de la Comisión Europea de que los procesos tecnológicos revolucionarios como los involucrados en IA, se están convirtiendo en realidades y debemos prepararnos ahora para las realidades del mañana. Los elementos clave son los siguientes:

- A finales de los setenta del siglo XX la necesidad de identificar nuevas fuentes de crecimiento y empleo para compensar los difíciles ajustes económicos debido a las crisis del petróleo, brindó a las TIC grandes oportunidades para lograr un alto desarrollo y crecimiento económico, que se manifestó en políticas tecnológicas estratégicas de I+D+i que transformarían la sociedad en una sociedad de la información.
- Predominaba la sensación de un posible *impacto* negativo de la tecnología con el desempleo tecnológico, debido a las competencias humanas que se eliminarían como las tareas de trabajo repetitivas que sucumbirían ante las nuevas tecnologías digitales.
- A lo largo de los programas tecnológicos ESPRIT y Programas Marco de investigación y desarrollo se llevan a cabo proyectos de I+D+i basados en las TIC y la IA, la RA y el BD, y se fundan asociaciones para impulsar el desarrollo tecnológico.

Resumiendo, a partir de 1983 la Comisión y el Consejo procedieron a la puesta en marcha de programas tecnológicos como fuentes estratégicas de crecimiento económico y de empleo. En la segunda década del siglo XXI, la IA, la RA y el BD, cobraron una fuerte relevancia sobre todo desde el Programa Horizonte 2020 con la financiación de múltiples proyectos de I+D+i. Sin embargo, fue la preocupación por proteger la diversidad cultural de Europa, uno de los factores determinantes para impulsar en 1977 un programa específico basado en las TIC y la IA, para realizar traducciones automáticas entre lenguas europeas.

5) LA TRADUCCIÓN AUTOMÁTICA EN LA DIVERSIDAD CULTURAL EUROPEA

EN SUS ORÍGENES, LA COMUNIDAD EUROPEA RECONOCÍA cuatro idiomas oficiales para la comunicación entre Estados miembros: alemán, francés, italiano y neerlandés, que correspondían a los seis países que la constituyeron. En 2019 eran veinticuatro las lenguas oficiales reconocidas a las que habría que añadir otras que no lo están, mas no por ello menos importantes, que suman ellas solas más de sesenta lenguas habladas por unos cuarenta millones de europeos¹, lenguas que hay que proteger y fomentar porque son parte de la incalculable riqueza de la diversidad cultural europea.

Entre finales de los setenta y principios de los noventa del siglo XX, se utilizaron los proyectos SYSTRAN y EUROTRA para tratar de automatizar la traducción con el propósito de resolver las dificultades lingüísticas a las que se enfrentaba la Comunidad Europa, pero la técnica no estaba a la altura de los retos políticos del momento. En 2017 se desplegó la IA con la plataforma digital en línea eTranslation, que con tecnología de aprendizaje profundo de redes neuronales, proporciona traducciones en línea para las administraciones públicas y las pequeñas y medianas empresas. ¿Por qué decidió la Comisión Europea promover la traducción automática? ¿Puede la IA ayudar a mantener la riqueza de la diversidad idiomática europea?

¹ Como el catalán, el leonés, el bretón, el galés, el sami y el yidis. Las lenguas oficiales reconocidas son: alemán, francés, italiano y neerlandés (Reglamento del Consejo/1958/1), danés e inglés (1973), griego (1981), castellano y portugués (1986), finés y sueco (1995), checo, eslovaco, esloveno, estonio, húngaro, letón, lituano, maltés y polaco (2004), búlgaro, irlandés y rumano (2007), y croata (2013) (UE, 2020a).

5.1) Herencia del multilingüismo en la Europa unida en la diversidad

La traducción de textos y resoluciones ha supuesto para la UE a lo largo de su historia una importante carga de trabajo. Por ejemplo, en 1994 y con nueve idiomas oficiales se empleaban a más de 1.000 traductores con un coste de 150 millones de ecus anuales (COM/1994/69). El Servicio de Traducción de la Comisión (SDT) empleaba a 700 intérpretes al día, que junto a los traductores y el personal de apoyo representaban alrededor del 12% del personal de la Comisión, en comparación con unos 24.600 miembros del personal total de la misma, es decir, unas 3.000 personas. El trabajo de traducción era por lo tanto inmenso. En 1999 los costes totales de traducción rondaban los 686 millones de euros anuales. En el año 2000, el SDT tradujo más de 1,3 millones de páginas con una plantilla de alrededor de 1.300 traductores, número que se incrementaba porque se hacía necesario subcontratar más del 20% del trabajo a otros expertos externos. Además, el Servicio Conjunto de Interpretación y Conferencias, proporcionaba servicios de traducción para las 11.000 reuniones que se llevaban a cabo al año no solo por parte de la Comisión Europea, sino también por el Consejo, el Comité Económico y Social Europeo y el Comité de las Regiones, así como por la mayoría de los demás organismos oficiales. Por cada nuevo idioma que se incorporaba, se estimaba que eran necesarias más de cien personas adicionales (SDT, 2001).

El primer Plan de Acción para la mejora de la transferencia de información entre lenguas subrayaba la importancia que la diversidad lingüística tenía para el proyecto europeo: «La Comunidad Europea comprende un grupo multilingüe de pueblos que buscan la integración continua y progresiva. La multiplicidad de idiomas, que es una característica permanente, representa una herencia invaluable de la civilización europea porque refleja la variedad de antecedentes culturales de nuestras naciones» (COM/1976/705 pág. 1).

En este sentido, la determinación de la Comisión Europea reflejaba la noción de una Europa unida en la diversidad, por lo que el multilingüismo hacía necesario incrementar la eficacia y

eficiencia en los procesos de traducción para reducir los costes de estos servicios (COM/1976/705). Es por esto, tal y como analizaremos a continuación, que la mejora pretendía alcanzarse mediante el uso de sistemas basados en las tecnologías de la información, y en particular, a la Comisión le urgía un software de traducción automática que ya venía gestándose desde los tiempos de la década de los cincuenta del siglo XX en los albores de la digitalización.

Aclararemos que el término Europa unida en la diversidad, se utilizó por primera vez en el año 2000. Se refiere a la manera en que los europeos se han unido formando la Comunidad Europea para trabajar en favor de la paz y la prosperidad, beneficiándose al mismo tiempo de la diversidad de culturas, tradiciones y lenguas del continente (UE, 2019a). Fue aludido con relevancia en el Proyecto de Tratado de 2004 por el que se aspiraba a establecer una Constitución para Europa, y en el que se afirmaba que la UE era una entidad formada por la Unión de Estados y ciudadanos que nunca se convertiría en un *superestado* centralizado y todopoderoso. Asimismo, se hacía énfasis en la descentralización y se afirmaba que el emblema de la Unión Europea era el de «Unidad en la diversidad» (2004/C 310/1) (PE, 2004).

5.2) Albores de la digitalización

Las primeras reflexiones documentadas acerca de la traducción automática las encontramos tan temprano como en 1947 entre un estudioso de idiomas y un ingeniero preguntándose acerca de una máquina capaz de traducir idiomas². Siete años después, el 7 de enero de 1954, en la sede mundial de la International Business Machines Corporation (conocida como IBM) se celebró una demostración de traducción del ruso al inglés con el primer ordenador comercial científico de IBM, el 701 EDPM. Conocido como el experimento Georgetown-IBM por la colaboración con la Universidad del mismo nombre, se trataba de traducir un vocabulario de 250 palabras en ruso y seis reglas de sintaxis para convertir más de sesenta frases en un inglés legible. El comunicado de prensa de IBM rebosaba de entusiasmo cuando afirmaba que el *cerebro electrónico* imprimía las traducciones al inglés en una impresora a la sorprendente velocidad de dos líneas y media por segundo (Gordin, 2006).

Sin embargo, la realidad fue otra, ya que las frases utilizadas para el experimento eran demasiado *buenas* debido a los textos simples seleccionados, por lo que las traducciones resultaban engañosamente alentadoras. En cualquier caso, a resultas de un informe del Comité Asesor de Procesamiento Automático de Idiomas (ALPAC) de 1966, se puso el punto final a las subvenciones para la investigación en traducción automática en Estados Unidos, motivo por el que entraron en declive estos sistemas (Gordin, 2006 pp. 260 y 323). Por el contrario, por esas mismas fechas la Comisión aprobaba un Plan de Acción para la mejora de la transferencia de información entre lenguas europeas que desarrollaremos enseguida.

² Se dieron entre el francés-norteamericano Léon Dostert y el ingeniero eléctrico británico Andrew Donald Booth: «Reconociendo plenamente, aunque necesariamente de forma vaga, las dificultades semánticas debido a los múltiples significados, etc., me he preguntado si sería impensable diseñar una computadora que tradujera. Incluso si tradujera solo material científico (donde las dificultades semánticas son notablemente menores), e incluso si produjera un resultado poco elegante (pero inteligible), me parecería que valdría la pena» (Gordin, 2006 pág. 231).

Mientras tanto, a finales de los cincuenta, el estadounidense Peter Toma inventó el sistema de traducción automática por ordenador denominado SYSTRAN (acrónimo de System Translation). El lenguaje informático de desarrollo de los algoritmos de traducción era de bajo nivel, es decir, un código binario también llamado código máquina que se utilizaba en los inicios de la informática escrito mediante "ceros" y "unos", que le indicaba al ordenador los pasos exactos que tenía que seguir. El primer par de idiomas operativos programados, el ruso-inglés, fue desplegado por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos en 1969, y en 1973 la NASA encargó el desarrollo del inglés-ruso para el proyecto espacial Apollo-Soyuz (CE, 2001). Con estas acreditaciones, SYSTRAN tomó cierta relevancia y en 1976 la Comisión adquirió el programa porque en esos momentos era el único sistema disponible para la traducción de idiomas (COM/1994/69).

5.3) Planes de acción para las traducciones automatizadas

Con los derechos adquiridos sobre el sistema SYSTRAN en 1976, la Comisión aprobó un primer Plan de Acción para la mejora de la transferencia de información entre lenguas europeas para el periodo comprendido entre los años 1977 y 1979. El Plan perseguía efectuar traducciones rápidas y automatizadas al menos de calidad de tipo borrador entre los idiomas alemán, francés, italiano, neerlandés, inglés y danés (COM/1976/705). Estas transcripciones permitirían, por ejemplo, que un ingeniero pudiera captar la *sustancia* de un documento sin necesariamente entender todos los matices del texto traducido. El sistema informático también debería ser capaz de efectuar traducciones de calidad suficiente para pasar directamente a verificación o revisión, como era en esos momentos el procedimiento para borradores preparados por traductores. Con este primer Plan se abrieron una serie de inversiones en proyectos de traducción automática que se alargaron hasta 1992 y que detallamos en la siguiente tabla:

Tabla 3. Planes e inversiones en proyectos de traducción automática

| Plan de Acción | Proyecto/fase | Desde | Hasta | Presupuesto (ecus) | Documento |
|----------------|---------------|------------|------------|--------------------|----------------|
| Primero | SYSTRAN | 1977 | 1979 | 2.750.000 | (COM/1976/705) |
| Segundo | EUROTRA/1 | 1980 | 1982 | 3.750.000 | (COM/1980/314) |
| " | EUROTRA/2 | 4-11-1982 | 3-05-1988 | 16.000.000 | (82/752/CEE) |
| " | Ampliación | 4-05-1988 | 3-11-1989 | 4.500.000 | (86/591/CEE) |
| " | EUROTRA/3 | 1-07-1988 | 30-06-1989 | 5.500.000 | (88/445/CEE) |
| " | Ampliación | 1-07-1989 | 30-06-1990 | 7.000.000 | (89/410/CEE) |
| " | EUROTRA/4 | 26-11-1990 | 25-11-1992 | 10.000.000 | (90/664/CEE) |
| | | | | 49.500.000 | |

Cuando finalizó el primer Plan de Acción (1977-1979), se analizaron los resultados obtenidos y la Comisión optó por aprobar un segundo Plan desde 1980 a 1982 como continuación de las acciones tomadas en el anterior. Como resultado del entorno cambiante y la emergencia de nuevas necesidades de traducción, particularmente con la posible incorporación de nuevos Estados miembros, la Comisión estimó que deberían ser puestas en marcha nuevas

acciones para tomar en cuenta esos nuevos desarrollos informáticos. Se optó entonces por la adopción de un proyecto de traducción denominado EUROTRA (European Advanced Machine Translation System) concebido a partir de SYSTRAN. El nuevo proyecto debía basarse tanto en los últimos descubrimientos, como en la capacidad de incorporar desarrollos futuros en el campo de la lingüística y procesamiento de información de acceso remoto. Fue en el marco de este nuevo Plan de Acción que la IA se incorporó al relato de la traducción automática de la UE: «This system, which is known as EUROTRA [...] is capable of incorporating future developments in the field of linguistics, remote access information processing, and even artificial Intelligence» (COM/1980/314 pág. 13).

En noviembre de 1982, el Consejo decidió dar un nuevo impulso al proyecto. Se planteó una duración desde noviembre de 1982 hasta mayo de 1988, con un coste presupuestado de 16 millones de ecus. El programa tuvo por objetivo la creación de un prototipo de sistema de traducción de concepción avanzada que permitiría tratar todas las lenguas oficiales de la UE. Se articuló en tres fases: actividades preparatorias, construcción del equipo lógico de base para EUROTRA y estabilización de los modelos lingüísticos con evaluación de los resultados. El prototipo deseado era un sistema de traducción automática para un campo y categorías de textos limitados que permitiera tratar todas las lenguas oficiales, que además constituiría la base para realizar desarrollos para la industria europea en proyectos posteriores. Un prototipo que resultó desatinado como veremos a continuación.

Tras la ampliación de la Comunidad Europea en 1986, el Consejo decidió añadir al sistema dos nuevos idiomas: el castellano y el portugués. El presupuesto de 16 millones de ecus se incrementó con 4,5 millones y se prolongó su duración hasta finales de 1989. Por su parte, la evaluación del programa EUROTRA, realizada en 1988 por un comité compuesto por expertos independientes, resaltaba que el proyecto había conseguido generar una cooperación considerable entre los Estados miembros en un campo creciente de una gran importancia, y había contribuido sustancialmente al fortalecimiento de los recursos humanos dedicados a la investigación en lingüística computacional y a la emergente

industria lingüística. La conclusión fue que el avance hacia los objetivos científicos y técnicos del programa había sido considerable (COM/1988/270). Tras la evaluación favorable, el Consejo decidió activar la tercera fase del proyecto EUROTRA por un importe de 5,5 millones de ecus, y aprobó una ampliación hasta el 30 de junio de 1990 con el objetivo de completar el sistema de traducción con una financiación de 7 millones de ecus³. En noviembre de 1990, se aprobó una cuarta y definitiva fase por un periodo de dos años, advirtiendo que un grupo de expertos independientes realizaría otra evaluación y la publicaría para el Parlamento y el Consejo.

Sin embargo, las limitaciones técnicas y el aumento de la complejidad lingüística debido al número de lenguas y contextos a traducir cada vez mayor, así como probablemente las expectativas de nuevas incorporaciones de idiomas, fueron algunos de los factores por los que el Comité Económico y Social Europeo había aprobado en sesión del abril de 1990 un Dictamen a propuesta del Consejo, en el que expresaba cierto escepticismo en cuanto a las posibilidades de éxito del programa EUROTRA (CESE/1990/168/10). Por esas fechas, las lenguas a traducir ascendían a nueve, y la metodología utilizada era la traducción simultánea de cada una de ellas a todas las restantes. El Comité observó que los objetivos iniciales del programa se habían reducido considerablemente a la vista de las dificultades técnicas, y que había una escasez de ingenieros cualificados en el ámbito de la lingüística informatizada. Además, la problemática técnica daba pie al relato de que el desarrollo del sistema de traducción podría conducir a un empobrecimiento lingüístico debido a la desaparición de las particularidades de cada idioma, especialmente en materia de vocabulario. Si bien es cierto que la pluralidad lingüística era parte integrante de la evolución social y cultural de los

³ En el artículo 3 de la Decisión del Consejo (89/410/CEE) se dice que la cantidad que se considera necesaria para completar el programa tal como figura en la Decisión (82/752/CEE) se aumenta de 7 millones de ecus a 12,5 millones de ecus. Los datos no encajan porque en la Decisión (82/752/CEE) el presupuesto era de 16 millones. Tomamos como correcto la cantidad reflejada en el documento (88/445/CEE pág. 2) que dice que el Consejo decidió conceder otros 7 millones de ecus.

Estados miembros, persistían los temores de que la automatización conforme estaba prevista condujera a la destrucción del acervo cultural que forman las lenguas europeas.

Destacaba también el Comité en el mismo Dictamen, que la diversidad y la riqueza lingüística europea no se limitaba a las nueve lenguas oficiales que abarcaba el programa EUROTRA, sino que formaban parte igualmente las lenguas regionales y los dialectos (gaélico, vasco, frisio, etc.), cuya salvaguardia consideraba el Comité Económico y Social Europeo de gran importancia cultural. A este respecto, queremos resaltar que todas las lenguas son la realización de una capacidad humana universal, que cada lengua combina los elementos de una manera desigual, y así, se genera la diversidad que permite a los humanos entender que las cosas se pueden hacer de manera diferente y que el conocimiento puede ser diverso y complementario. Las lenguas en peligro de desaparición tienen varios síntomas, entre ellos, el dolor que causan a sus hablantes y la pérdida que representa para la humanidad (Junyent, 2020). Asimismo, con el paso del tiempo, su extinción definitiva sería una amenaza para las tradiciones y la riqueza cultural de Europa, tal como queda de manifiesto en la Carta Europea de las Lenguas Regionales o Minoritarias del Consejo de Europa⁴, que tiene entre sus objetivos proteger y fomentar el uso oral y escrito de estas lenguas (Council of Europe, 2017).

⁴ La Carta es un tratado internacional adoptado en 1992 por el Comité de Ministros del Consejo de Europa, que entró en vigor en 2001. Fue ratificado por el Estado español y afecta a las lenguas reconocidas como oficiales en los estatutos de autonomía de las comunidades autónomas. El Consejo de Europa es una organización internacional que tiene como objetivo principal la defensa, protección y promoción de los derechos humanos, la democracia y el Estado de derecho. Creado en 1949, es la institución de este tipo más antigua del continente y engloba a 47 de los 50 Estados europeos (con la excepción de Bielorrusia, Kazajistán y El Vaticano).

5.4) Anomalía presunta en los sistemas convencionales

Ciertamente, y desde el punto de vista del relato técnico, el programa de traducción automática no estaba desarrollado con algoritmos de IA, tal como había sugerido la Comisión en 1980 (COM/1980/314), sino que se empleaban compiladores clásicos, y por ende, tecnología obsoleta para los años noventa. De hecho, el lenguaje de programación y compilación utilizado para escribir los algoritmos del traductor automático EUROTRA fue el Ensamblador (Assembler), una reliquia de los lenguajes de programación y compilación de los años cincuenta en tanto en cuanto es un código informático de bajo nivel que tenía grandes limitaciones de portabilidad para otras arquitecturas de procesadores informáticos. Si bien es cierto que llegaron a utilizarse lenguajes de programación convencional un poco más avanzados como Prolog y C para escribir algunos módulos de EUROTRA, fueron desechados por falta de rendimiento, ya que en el caso de frases cortas y de estructura sencilla el sistema podía responder en unos pocos segundos, pero el tiempo de análisis para frases más largas y más complejas se alargaba a muchos minutos (CE, 2001).

Un equipo compuesto de expertos independientes y conocido como Comité Pannenburg, realizó en 1988 una evaluación del programa que se trasladó al Consejo y al Parlamento. El Comité mencionaba «lo inapropiado de la elección inicial en cuanto a métodos de aplicación del software y equipo de bajo rendimiento» (COM/1994/69 capítulo 4.3.1). Tanto es así, que en ese año de 1988 y con nueve idiomas oficiales en la UE que suponían 72 pares de combinaciones posibles de transcripción, los sistemas de traducción estadística (SMT, Statistical Machine Translation) basados en una programación informática convencional, comenzaron a manifestar deficiencias que hacían muy difícil seguir ampliando el número de idiomas, lo que sugería a las claras la posibilidad de una anomalía presunta. De hecho, con veinticuatro idiomas (552 pares de combinaciones en tres alfabetos diferentes), muy probablemente el sistema SMT de EUROTRA hubiera colapsado definitivamente, por lo que el desarrollo tecnológico de los sistemas de traducción requería de nuevas tecnologías como la IA, capaz de posibilitar la traducción automática eficiente entre lenguas.

En el primer trimestre de 1993 se realizó otra evaluación, tal como había advertido el Consejo en la aprobación de la última fase, con el objetivo de valorar los logros del programa en su conjunto, que técnicamente no fueron muy alentadores. Posiblemente por esto, la conclusión principal fue de cariz política, al afirmar que los problemas lingüísticos eran uno de los mayores retos a los que se enfrentaba la Comunidad Europea, pues los costes tanto en términos económicos directos como en la pérdida de cohesión que se generaba eran muy elevados. No obstante, se afirmaba que se había construido una base para que la tecnología pueda ayudar a resolver el problema lingüístico de la Comunidad Europea (COM/1994/69).

El proyecto de traducción EUOTRA llegó a su fin en 1992 con una inversión junto al proyecto SYSTRAN de 49,5 millones de ecus. La Comisión concluyó que la intención original de abordar el amplio problema de desarrollo de un sistema de traducción automática para todas las lenguas oficiales era demasiado ambiciosa, y muy alejada de lo que resultaba técnicamente posible por aquel entonces. El resultado más importante del proyecto quizá fuera el potencial humano de más de 400 expertos formados en lingüística computacional y traducción automática. Sin embargo, la Comisión Europea destacaba las posibilidades de la IA como una tecnología con capacidad para la traducción de lenguajes: «Las técnicas de inteligencia artificial para el manejo de información simbólica han alcanzado un grado de aplicabilidad, tal que justificaría una investigación detallada de las posibilidades de aplicarlas a la traducción automática» (COM/1994/69 anexo 10).

5.5) IA: Neural Machine Translation

En noviembre de 1994, el Consejo aprobó el Reglamento CE 2965/94 por el que se creaba el Centro de Traducción de los Órganos (CdT) para responder a las necesidades de los servicios lingüísticos de las agencias y otros organismos, además de absorber el excedente de trabajo de aquellas instituciones que contaban con sus propios servicios de traducción (CdT, 2019). En la actualidad, el CdT ofrece servicio a más de sesenta entidades. Sin embargo, tuvieron que transcurrir dos décadas para la implantación de un sistema de traducción automática. En junio de 2013 se desplegó el sistema Machine Translation at European Commission (MT@EC⁵) como un servicio en línea diseñado para ofrecer traducciones seguras y fiables para la administración pública en los Estados miembros y en las agencias e instituciones de la UE (CE, 2014). El MT@EC es un sistema informático de traducción basado en la estadística (SMT) e implementado en programas informáticos convencionales (Colonia, 2018).

Desde noviembre de 2017, el MT@EC está siendo reemplazado gradualmente por tecnología de IA con algoritmos machine learning de aprendizaje profundo Neural Machine Translation (NMT) implementados en el sistema denominado eTranslation. Respaldo por el programa Connecting Europe Facility in Telecom, la plataforma eTranslation está operando a plena capacidad desde junio de 2018 y cubre todas las lenguas oficiales de la UE⁶. Proporciona traducciones automáticas en línea para las administraciones públicas, las pequeñas y medianas empresas y las facultades de idiomas universitarias⁷ (CEPYMEnews, 2020) (CEF, 2019) (eTranslation, 2019).

⁵ MT@EC: Sistema de traducción de la Comisión Europea. Se basa en el kit de herramientas de traducción de código abierto MOSES, que es un sistema de traducción automática estadística (SMT, Statistical Machine Translation), es decir, no es IA (Colonia, 2018).

⁶ Desde noviembre de 2020 también incluye el idioma turco (CEF eTranslation, 2020).

⁷ No obstante, en la actualidad no importa cuán buenos sean los sistemas SMT o NMT, ya que las traducciones deben ser revisadas por traductores humanos antes del uso oficial (Chartier-Brun, 2018).

Así pues, del mismo modo que la anomalía presunta del sistema de hélices que limitaba la velocidad de los aviones fue solucionada con la tecnología de las turbinas a reacción, análogamente, las limitaciones de los sistemas convencionales de traducción automática fueron solucionados con la tecnología de la IA que posibilita traducciones rápidas y eficientes. En consecuencia, la IA podría percibirse como una herramienta de gran ayuda para facilitar la incorporación a las instituciones europeas de aquellas lenguas no reconocidas oficialmente, mas no por ello menos importantes. Justo como destacaba el Comité Económico y Social Europeo en 1990 cuando afirmaba que la diversidad y la riqueza lingüística no se limitaba solo a las lenguas oficiales reconocidas, sino también a las regionales y los dialectos, es decir, a las más de sesenta lenguas habladas por unos cuarenta millones de europeos (UE, 2020a).

En efecto, la invaluable herencia que comprende un grupo multilingüe de pueblos que buscan la integración y la cohesión continua y progresiva, puede ser respaldada mediante la IA al facilitar la incorporación de las lenguas no oficiales en la vida de los organismos políticos europeos. Con ello, podrían darse los primeros pasos para revitalizarlas y evitar la posible extinción de las más vulnerables, y por ende, mantener el acervo cultural lingüístico perseguido por la Comisión desde los orígenes de la Comunidad Europea. A este respecto, y por decirlo con George Steiner, no hay lenguas pequeñas, porque cada lengua contiene, explora y transmite no solamente una carga única de recuerdos vividos, sino también la energía en desarrollo constante que poseen sus formas verbales de futuro y que representan una potencialidad para el mañana. Es por todo esto, que la muerte de una lengua es irreparable y disminuye las posibilidades del ser humano. Además, no hay nada que amenace a Europa más radicalmente, en sus raíces, que la detergente marea de la homogenización y uniformidad cultural, y la imagen del mundo que esa ausencia de diferencias culturales trae consigo. Así pues, Europa, en verdad perecerá si no lucha por sus lenguas, sus tradiciones locales y sus autonomías sociales (Steiner, 2005). Es en esta afirmación donde se destila la enorme aportación que puede suponer la IA al acervo cultural de Europa al facilitar el uso de todas las lenguas en la vida pública y contribuir a forjar «Más Europa» unida en la diversidad.

Características y síntesis

El relato tecnológico de la traducción automática se reconoce en la idea de que la variedad idiomática europea es una valiosísima herencia cultural que debemos recuperar y proteger porque representa la historia de la civilización de Europa. Los elementos clave de la evidencia empírica son los siguientes:

- La invención del sistema de traducción automática por ordenador surgió en Estados Unidos a finales de los años cincuenta del siglo XX con el sistema SYSTRAN.
- A finales de la década de los setenta la Comisión Europea decidió invertir en el desarrollo y la innovación del sistema de traducción automática por motivos tanto de naturaleza cultural como económica de reducción de costes en el proceso manual de traducción.
- En la década de los ochenta se impulsó el proyecto EUROTRA de traducción automática debido a las expectativas tecnológicas anunciadas en el Congreso de Luxemburgo de 1977 de mejor software. Fue con este proyecto en 1980, cuando la IA se incorporó al relato de la traducción automática de la UE.
- A principios de la década de los noventa, se observó que el desarrollo del sistema de traducción podría conducir a un empobrecimiento lingüístico, debido a la desaparición de las particularidades de cada idioma, en especial en materia de vocabulario.
- A mediados de la década de los noventa aconteció una anomalía presunta en el sistema de traducción automática EUROTRA, que muy probablemente, fuera el motivo del vacío existente de sistemas de traducción en la UE hasta la segunda década del siglo XXI.
- En el año 2017 con tecnología de aprendizaje profundo de redes neuronales, se implantó eTranslation, que proporciona traducciones en línea para las administraciones públicas y las pequeñas y medianas empresas, facilitando la traducción de las lenguas no reconocidas oficialmente y ayudando a mantener la diversidad lingüística europea.

Desde un primer momento, la Comisión percibió la traducción automática como un elemento imprescindible para la comunicación multilingüe eficaz y eficiente. Sin embargo, las limitaciones técnicas y el aumento de la complejidad lingüística podrían empobrecer los idiomas con la desaparición de sus peculiaridades, especialmente en materia de vocabulario y de contexto. Un problema que fue advertido por el Comité Económico y Social Europeo, y que la Comisión reaccionó en favor de la diversidad cultural. Llevó su tiempo y esfuerzo, mas la Comisión no cedió en su empeño, y en 2017 asistimos al despliegue de la IA en los sistemas de traducción automática. Por lo tanto, objetivo cumplido: mejora del servicio y reducción de los costes.

Ciertamente, el despliegue de la IA con el sistema de traducción en línea eTranslation, supone la culminación de los esfuerzos realizados por la Unión en su afán por mantener el acervo cultural lingüístico de Europa. Los éxitos en la traducción automática se corroboran en las políticas de investigación y desarrollo tecnológico en el sector de las TIC y en los Programas Marco, tal como hemos visto con antelación. Unas políticas que abarcan prácticamente a todos los sectores de la actividad socioeconómica, por ejemplo, los relativos a la ciencia médica digital.

6) LA CIENCIA MÉDICA DIGITAL

EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA FORMULÓ en 1987 una propuesta de Reglamento para activar el desarrollo de la IA en el campo de la medicina que cristalizó con un programa específico de informática avanzada. Desde la segunda década del siglo XXI, la Comisión Europea está impulsando decididamente proyectos de sanidad con IA, RA y BD en el Programa Marco Horizonte 2020.

Estas tecnologías son determinantes para el desarrollo de la medicina, tanto en los diagnósticos, tratamientos, pronósticos y operaciones quirúrgicas, como en la asistencia geriátrica. Aun cuando es poco probable que estas tecnologías reemplacen a los profesionales de la sanidad en el corto plazo, se plantean cuestiones como: ¿Quién o qué sería el responsable de los posibles errores de una IA en un diagnóstico erróneo o una intervención quirúrgica incorrecta? ¿Puede una IA legalmente emitir una baja o alta laboral a un paciente?

6.1) Doctora Robot

Soy la Doctora Robot. ¿En qué puedo ayudarle? Le pregunta con suma amabilidad una robot a un paciente. En efecto, la robótica autónoma o inteligente parece estar desplazándose de la ciencia ficción a la realidad palpable, y aunque no es presumible que reemplace a los profesionales de la sanidad en el corto plazo, el Servicio de Investigación del Parlamento Europeo afirma que los robots autónomos ya tienen muchos usos en asistencia para la salud (PE, 2018). En este sentido, la Resolución del Parlamento de febrero de 2017 sobre normas de derecho civil sobre robótica, advirtió que la RA puede realizar tareas de atención médica, pero que reemplazar el factor humano por robots sociales podría deshumanizar la prestación de cuidados asistenciales (2015/2103(INL)).

A pesar del potencial de esta tecnología, la Resolución incidía en que las personas seguirán siendo necesarias para proporcionar contacto humano. Desde el punto de vista de la responsabilidad, considera que la decisión última de una acción robótica debiera recaer siempre en las personas, y por consiguiente, la autonomía de los médicos-robots debe estar supervisada por humanos. Asimismo, señala que los robots tienen el potencial de reducir los gastos sanitarios, de manera que con el ahorro, los Estados miembros podrían destinar más dotación presupuestaria a la investigación, desarrollo e innovación tecnológica, así como a la formación de los profesionales de la salud, es decir, se preveían importantes beneficios sociales, económicos y tecnocientíficos en el despliegue de la RA para la asistencia sanitaria.

Los ámbitos de aplicación de estas tecnologías se encuentran principalmente en la medicina de asistencia geriátrica y en la telemedicina, tanto para los diagnósticos, tratamientos y pronósticos médicos, como en las operaciones quirúrgicas. Parece conveniente recordar que el término robot médico, no se refiere necesariamente a un artefacto robótico de aspecto humanoide, puesto que, por ejemplo, los robots destinados a la cirugía pueden estar constituidos meramente por brazos y manos mecánicas guiados a distancia por personas, como en la plataforma robótica *da Vinci Xi* en la que un robot es comandado por un cirujano.

En cuanto a la robótica de asistencia geriátrica, el Parlamento subrayó que con el tiempo y la investigación y el desarrollo, los robots asistenciales devendrían más habituales, menos costosos y ofrecerían mayor funcionalidad y aceptación entre los usuarios. También puso de relieve la amplia gama de usos de estas tecnologías para ejercer funciones de prevención, asistencia, seguimiento, estimulación y compañía de las personas de edad avanzada o que padecen demencia, trastornos cognitivos y pérdida de memoria. Además, reconocía que los robots podrían realizar las tareas automatizadas de quienes prestan los cuidados, lo que podría redundar en el aumento de la atención prestada por el personal asistencial y dedicar más tiempo a la aplicación de opciones de tratamiento más eficaces y mejor planificadas (2015/2103(INL)). De ahí el interés por avanzar en el diseño de este tipo de robots de asistencia geriátrica, tal y como hace el proyecto Caresses, apoyado por Horizonte 2020 (Caresses, 2017).

En el ámbito de la cirugía robótica se ha pasado de una práctica completamente manual caracterizada por el estudio y dominio de la anatomía, a unas técnicas laparoscópicas que facilitan una cirugía mínimamente invasiva y a las que desde el año 2000 se han ido incorporando la ayuda robótica, el análisis de datos, la IA y la cirugía a distancia, que son algunos de los elementos de la que se ha convenido en llamar cirugía digital. Por poner un ejemplo, en la edición del Mobile Word Congress 2019 celebrado en l'Hospitalet de Llobregat, cerca de Barcelona, se hizo un experimento quirúrgico a distancia con tecnología de telecomunicaciones de baja latencia bautizado como Cirujano Remoto 5G. Desde una sala del Congreso se realizó con éxito una intervención de una neoplasia a un paciente que se encontraba a varios kilómetros, en concreto en un quirófano Optimus¹ del Hospital Clínic de Barcelona. El director del proyecto, doctor Antonio de Lacy, experto en cirugía digital y robótica, destacó que la posibilidad de conectar quirófanos y cirujanos remotamente es un paso más en el objetivo de democratizar la educación médica, con los enormes beneficios

¹ El quirófano denominado Optimus combina tecnologías como el big data o la iluminación inteligente, y es pionero en el mundo. El despliegue tecnológico asegura una reducción sustancial de las infecciones, una mayor eficiencia asistencial y la disminución de los costes.

socio-sanitarios que ello conlleva, y afirmó que no importa quién seas o de qué posibilidades económicas dispongas, lo importante es brindar la mejor atención posible a todos los pacientes (Redacción médica, 2019). Visto desde otra perspectiva, con esta tecnología los médicos pueden operar a distancia en zonas de catástrofe y en servicios médicos con poca infraestructura.

El hecho es que la cirugía digital no significa la aceptación de asunciones como la automatización completa de las intervenciones quirúrgicas, ni que estas sean llevadas a cabo por robots de modo totalmente autónomo. La implantación generalizada de la cirugía digital debe llevarse a cabo en un entorno de confianza tanto hacia la autonomía de las máquinas como hacia el uso que el ser humano hará de ellas. Algunos estudios recientes indican que ni pacientes ni profesionales aceptarían por el momento una automatización completa de la cirugía. No obstante, sí que valoran positivamente todo lo que conlleve una cirugía más segura, más fácil y basada en datos fiables y en la evidencia científica (de Lacy, 2019). En cualquier caso, el objetivo de la cirugía digital será siempre la mejora de los resultados clínicos y la aportación de un valor real.

Más allá de la robótica, lo cierto es que existe un ámbito de aplicación de la IA que está relacionado con diagnósticos y tratamientos médicos. Un buen ejemplo es la plataforma de salud Babylon Healthcare Services para asistencia médica de la empresa Babylon Health fundada en 2013 en el Reino Unido. En esta plataforma, la IA tiene diversas funcionalidades como ayudar al médico a seleccionar a los pacientes con necesidades urgentes de entre aquellos que padecen enfermedades comunes (triaje), y proporcionar orientación sobre si una persona debe acudir al médico o tomar medicamentos de venta libre (Babylon, 2019). El sistema utiliza el procesamiento del lenguaje natural mediante IA que le habilita a comprender los síntomas que los pacientes describen a través del chat por internet en lenguaje natural. Ahora bien, los servicios prestados mediante IA no proporcionan diagnósticos ni sustituyen a los médicos, y por supuesto, no deben usarse en emergencias médicas. Así y todo, las funcionalidades disponibles sugieren que la telemedicina con IA

puede actuar como un elemento intermedio entre el autodiagnóstico personal y la visita física a un servicio hospitalario.

Este tipo de sistemas tiene sus limitaciones legales. Por ejemplo, ¿hasta qué punto un robot o un softbot están facultados para emitir una baja o alta laboral a un paciente?; o en el caso de prescripción de medicamentos de venta regulada, ¿podrían estar autorizados para dispensar recetas médicas? En este escenario la cosa se complica cuando a los robots o softbots se les puede dotar de capacidades de adaptación y aprendizaje dinámico que les confieren cierto grado de imprevisibilidad en su comportamiento autónomo. Esto es así, porque como ya se expuso previamente, un robot autónomo puede aprender por sí mismo de sus *experiencias* sociales y digitales como un humano, y por consiguiente, podría reaccionar de un modo propio e imprevisible de manera análoga a como ocurre en los humanos. Pudiera suceder entonces, que dos robots autónomos idénticos y entrenados exactamente de la misma manera, transcurrido un cierto tiempo interactuando cada uno de ellos con los mismos pacientes o distintos, tomaran decisiones diferentes respecto a un mismo acto médico. En definitiva, ¿quién es el responsable legal sobre los posibles errores de la *Doctora Robot* cuando diagnostica incorrectamente una enfermedad o emite un tratamiento médico quizá fatal? Esta casuística la retomaremos más adelante.

6.2) Que las máquinas continúen siendo máquinas

En un Dictamen de junio de 2017, el Comité Económico y Social Europeo defendió el control humano sobre las máquinas, de manera que estas continúen siendo máquinas y los humanos conserven en todo momento el dominio sobre ellas (2017/C 288/01), es decir, un enfoque antropocéntrico de la robótica basado en las teorías éticas convencionales. Cabe aclarar que estas cuestiones sobre los robots autónomos, incluso sobre aquellos que pueden llegar a ser más inteligentes que los humanos, son para el Comité una cuestión de gran importancia, aunque en su opinión esos debates eclipsan en exceso la cuestión de las repercusiones de las aplicaciones actuales de la IA.

Llamativamente, en la página octava del Dictamen se plantea la cuestión de las posibilidades y los riesgos que conllevaría el desarrollo de una IA con autoconsciencia y superinteligencia que, según Stephen Hawking, provocaría el fin de la humanidad. Lo cierto es que cuanto más autónomos sean los robots, más difícil será considerarlos meros instrumentos en manos de los humanos, y por lo tanto habrá que decidir si se les otorgan características de figura jurídica con cierto o total grado de responsabilidad. De hecho, en el actual marco jurídico, los robots no pueden ser considerados responsables de los actos u omisiones que causan daños a terceros (2015/2103(INL)).

Nadie sabe con certeza si los robots llegarán a adquirir una autonomía total, aunque según el Grupo de Expertos de Alto Nivel en IA, los sistemas de IA con capacidades de aprendizaje que pueden adaptar su conducta de forma dinámica, pueden entenderse como sistemas no deterministas (una especie de libre albedrío robótico) que podrían exhibir comportamientos inesperados y sorprendentes (AI-HLEG, 2019a). Parece que quedan algunos años de investigación y desarrollo en algoritmos machine learning, robótica y la convergencia de algunas tecnologías, así como la suficiente y necesaria confianza de la sociedad en la IA, para que la *doctora* o *el doctor robot* adquieran el estatus de sistema autónomo y puedan llevar a cabo especialidades médicas con una mínima, o incluso, sin ninguna supervisión humana.

De tal magnitud es la posible repercusión de la autonomía robótica, que el Parlamento Europeo recomienda a efectos de trazabilidad, introducir un sistema de registro de robots autónomos con unos criterios de clasificación todavía pendientes de decidir por la Comisión. Tanto el sistema de registro como el propio registro del robot deberían establecerse a escala de la Unión, de manera que cubra el propio mercado interior. Asimismo, deberían estar gestionados por una Agencia europea designada para la IA y la RA (2015/2103(INL)). Por su parte, el Consejo afirma que los sistemas inteligentes son instrumentos en manos de otros agentes (fabricante, operador, usuario, etc.). Esta circunstancia suscita la cuestión de si la normativa sobre responsabilidad por los daños causados por productos defectuosos² es suficiente o si se requieren normas y principios específicos para los robots autónomos, tales que aporten claridad sobre la responsabilidad jurídica de los distintos agentes ante eventuales actos u omisiones indebidas.

Es remarcable que la Resolución del Parlamento Europeo de 2017 sobre normas de derecho civil sobre robótica, apele como principio general a las leyes de Isaac Asimov. Son tres leyes que van dirigidas a los diseñadores, fabricantes y operadores de robots autónomos: 1ª) Un robot no hará daño a un ser humano ni permitirá que por inacción éste sufra daño. 2ª) Un robot obedecerá las órdenes que reciba de un ser humano, a no ser que las órdenes entren en conflicto con la primera ley. 3ª) Un robot protegerá su propia existencia en la medida en que dicha protección no entre en conflicto con las leyes primera y segunda, y un robot no hará daño a la humanidad ni permitirá que por inacción esta sufra daño (2015/2103(INL)).

Evidentemente las leyes de Asimov son de carácter ético antropocéntrico, es decir, centradas fuertemente en el ser humano en tanto que consideran a los robots autónomos como cosas destinadas para un mero uso y disfrute de los humanos, tal y como se valoraba hasta hace bien poco a los animales salvajes y domesticados. En todo caso, las disposiciones

² Directiva del Consejo de 1985 relativa a la responsabilidad por los daños causados por productos defectuosos (85/374/CEE) en la que, considerando el criterio de la responsabilidad objetiva, el fabricante de un producto es responsable de su mal funcionamiento y de los daños causados por el mismo (véase Capítulo 10).

legislativas deberían aportar claridad sobre la responsabilidad de los distintos agentes por los actos y omisiones de los robots (y softbots) cuya causa no pueda atribuirse a un agente humano en particular, y que requerirá la instauración de un marco ético y jurídico basado en la Carta de los Derechos Fundamentales de la UE (2012/C 326/02). Por todo lo anterior, se hace indudable que los marcos actuales son insuficientes para dar respuesta a los nuevos retos tecnológicos en todos los campos del saber, y en concreto, al de la medicina digital apoyada con IA y RA.

6.3) Proyectos de investigación y desarrollo

En noviembre de 1987 y advirtiendo que las necesidades en materia de sanidad pública aumentarían en el futuro debido especialmente a una nueva concienciación en el ámbito sanitario, y a la evolución demográfica junto a la aparición de nuevos problemas de sanidad, se aprobó un presupuesto para una fase piloto del proyecto AIM sobre informática avanzada de medicina en Europa³. Según algunos autores como Jaap Noothoven y Jens Pihlkaer (1992), el proyecto dirigido a la investigación y desarrollo en el ámbito de las TIC tuvo cuatro programas relacionados con la IA⁴, pero solo el programa KAVAS hacía especial énfasis en las técnicas de aprendizaje automático, mientras que el resto se refería a sistemas expertos. Estaba pensado para diseñar un prototipo de investigación y desarrollo para médicos con el propósito de apoyarlos en el desarrollo y evaluación de sus conocimientos (KAVAS, 1988). En 1992 se presentó una segunda fase del programa destinado a desarrollar el prototipo, pero que quedó sin presupuesto asignado (KAVAS, 1992). Desde entonces y hasta la segunda década del siglo XXI no se reanudó la financiación de proyectos de investigación y desarrollo basados en IA en el campo de la medicina.

La cuestión que se plantea entonces es: ¿Por qué transcurrieron dos décadas *en blanco* desde que en 1987 se activó el proyecto AIM? La incógnita se despeja cuando advertimos que el impulso decidido de la UE se dio con la aprobación en 2010 de la estrategia Europa 2020 y la Agenda Digital para Europa, que analizaremos más adelante, y que impulsaron decididamente la I+D+i de todo tipo de proyectos de IA, RA y BD.

³ El ámbito de aplicación de AIM (Advanced Informatics in Medicine in Europe) consistía en «investigar y demostrar la factibilidad de la cooperación europea en el desarrollo de instrumentos de IA para los cuidados médicos y en la investigación conexas» (87/C 355/02 pág. 22).

⁴ EPIAM (Artificial Intelligence and Epidemiology), MURIM (Multi-dimensional Reconstruction and Imaging in Medicine), KISS (Knowledge-based Intelligent Signal monitoring System) y KAVAS (Knowledge Acquisition, Visualization and Assessment Study).

Para el Comité Económico y Social Europeo es un hecho que la digitalización de la medicina desde la IA, la RA y el BD, contribuye a mejorar el proceso de toma de decisiones médicas y también a automatizar operaciones quirúrgicas. Esta revolución en el campo de la medicina es fruto del desarrollo paralelo de la genómica, las neurociencias, la nanomedicina y los objetos conectados (NBIC⁵) que conducen a una transformación global del sistema sanitario (2017/C 434/01). Algunos proyectos relacionados con robótica quirúrgica y asistencial dentro de la asociación para la robótica europea SPARC son los siguientes:

- MURAB utiliza la IA para detectar enfermedades cancerígenas que los sistemas en uso no son capaces de detectar. El propósito inicial de esta tecnología es tomar biopsias (muestras de tejido) más precisas y efectivas para diagnosticar el cáncer de mama de forma más rápida y segura y evitar los diagnósticos erróneos. Murab trata de desarrollar un robot que analice el cuerpo de una paciente utilizando una combinación de resonancia magnética y tecnología de ultrasonidos para seleccionar la ubicación más conveniente para realizar una biopsia (Murab, 2016). El proyecto dotado con cuatro millones de euros por Horizonte 2020, se desarrolló entre enero de 2016 y diciembre de 2019 e involucró a los Países Bajos, Italia, Alemania y Austria. Intervienen empresas punteras europeas en IA y robótica, como Siemens AG y Kuka Robotics, y también estamentos académicos públicos como la Universidad Médica de Viena (Murab, 2018). El proyecto parece haber sido un éxito ya que se afirma que con la financiación y las condiciones de mercado adecuadas, es posible llevar el sistema al mercado en cinco años (Murab, 2020).
- En el proyecto SMARTsurg un robot de servicio supervisado por un cirujano efectúa operaciones de cirugía con técnicas asistidas mínimamente invasivas (RAMIS). Su objetivo consiste en desarrollar tecnología capaz de superar las barreras a la expansión de RAMIS centrándose en escenarios quirúrgicos de urología, cirugía vascular y ortopédica de tejidos blandos. Asimismo, se quieren desarrollar instrumentos antropomórficos y gafas

⁵ NBIC es acrónimo de Convergencia de las Tecnologías: **N**anotecnología, **B**iotecnología, **T**IC y **C**iencias **C**ognitivas.

inteligentes para la guía de realidad aumentada del cirujano basada en la reconstrucción 3D del campo quirúrgico. La plataforma de demostración se basará en manipuladores robóticos con las funciones avanzadas de hardware y software (SMARTsurg, 2017). El proyecto dotado con cuatro millones de euros por Horizonte 2020 se desarrolla entre enero de 2017 y junio de 2020. Involucra a países como Reino Unido, Francia, Grecia e Italia, e intervienen empresas europeas como la tecnológica francesa Cybernetix, centros privados de medicina como la griega TheMIS, y centros académicos como el Politécnico de Milán y la Universidad de Bristol (SMARTsurg, 2016).

- Cyberleg++ es un sistema de tecnología operativa concebido para validar la viabilidad técnica y económica de la orto-prótesis robótica motorizada como un medio para mejorar y restaurar la movilidad en las personas con amputaciones transfemorales. Se centra en un dispositivo robótico semiautónomo que proporciona asistencia biomecánica al paciente. Se anticipa al movimiento previsto y aporta energía para las piernas y los zapatos inteligentes proporcionando locomoción para caminar, subir escaleras o sentarse en un entorno de la vida real (Cyberlegs, 2019). Financiado con 4,3 millones de euros por Horizonte 2020 se desarrolla entre 2017 y 2020. Colaboran cuatro países: Bélgica, Eslovenia, Italia e Islandia con participantes como: la Scuola Universitaria Superiore Pisa, VUB Universiteit Brussel y la Univerza v Ljubljani de Eslovenia (S_Anna, 2017).
- DIH_HERO es una plataforma constituida por dieciséis organizaciones de investigación académica y empresarial coordinadas por la Universidad de Twente (DIH-HERO, 2019) y establece una amplia red paneuropea de centros especializados en robótica sanitaria cuyo objetivo es conectar a los actores del sector de la salud, y apoyar a las pequeñas y medianas empresas para acelerar la innovación y reducir el tiempo de comercialización. Actúa sobre los aspectos de sanidad en prevención, atención, diagnóstico y tratamiento, además de cubrir todos los ámbitos de la logística hospitalaria y los servicios clínicos. También se centra en la robótica del hogar y en la atención para abordar el envejecimiento saludable y la atención de los más mayores (DIH-HERO, 2020).

Estas iniciativas evocan que la asistencia sanitaria se financia esencialmente con fondos públicos (2017/C 434/06). Aunque las prioridades políticas se están centrando desde el año 2014 con Horizonte 2020 en aspectos como relanzar el empleo y el crecimiento, avanzar en el Mercado Único Digital, reforzar una unión económica y monetaria más profunda, promocionar un estilo de vida europeo y desarrollar e innovar en energías sostenibles (CE, 2019b), es de subrayar que en abril de 2018 la Comisión presentó una Comunicación relativa a la consecución de la transformación digital de la sanidad y los servicios asistenciales en el Mercado Único Digital, la capacitación de la ciudadanía y la creación de una sociedad más saludable. La Unión Europea está elaborando enfoques sólidos en los ámbitos de la computación de alto rendimiento y análisis de datos mediante IA, lo cual puede facilitar el diseño y verificación de nuevos productos de sanidad, como los basados en *pacientes digitales* mediante simulaciones de pacientes reales (COM/2018/233).

Sin embargo, a pesar del avance europeo de la IA y la robótica en el sector de la medicina, el proyecto global más emblemático corresponde a la corporación estadounidense IBM con el sistema conocido como Watson Health que fue lanzado al mercado en 2015 (IBM, 2019). Su objetivo es ayudar a los profesionales de los sectores sanitarios a hacer frente a los mayores desafíos del mundo en materia de asistencia sanitaria con IA. Watson se entrena para ayudar al médico en diagnósticos y tratamientos, tal como hemos visto con anterioridad, y ha demostrado una tasa de diagnóstico mucho más precisa para los cánceres de pulmón que los humanos. Además, Watson se utiliza también en investigación científica, por ejemplo, para tratar de entender el impacto del genoma en el desarrollo de los tumores cancerígenos. Es capaz de preparar el informe de resultados desde los datos de la secuenciación genómica y de toda la literatura científica disponible. Y lo hace en segundos o minutos, frente a un trabajo de semanas o meses de especialistas. Además, el proyecto ofrece una plataforma en la nube denominada Watson Health Cloud para médicos, investigadores, compañías aseguradoras y otras compañías orientadas a soluciones en salud y bienestar que posibilita anonimizar, compartir y combinar información (IBM, 2019).

China tampoco se queda atrás con el impulso tecnológico a sus empresas alentado por el gobierno. Beijing apuesta por ser el líder mundial en IA para 2030, y si bien los funcionarios han enfatizado el uso de la IA en áreas como la defensa y los automóviles autónomos, también han promovido en gran medida su uso en la atención médica. Es por esto que no menos de 130 empresas en China ya están aplicando IA específicamente en el sector de la medicina. El esfuerzo tecnocientífico está liderado por los gigantes de tecnología Alibaba y Tencent. La primera ha introducido un software de IA que lee tomografías digitales y ayuda a los médicos a hacer diagnósticos, y Tencent ha creado un programa de detección precoz de cáncer de IA que se usaba en 2019 en casi cien hospitales de China. También invirtió en una plataforma que facilita a los pacientes hablar con los médicos virtualmente y emitir recetas en línea (The New York Times, 2018).

A grandes rasgos, desde que en 1987 se activaron una serie de actuaciones en el campo de las TIC y la medicina, y hasta el año 2017 con la Resolución del Parlamento sobre normas de derecho civil sobre robótica en la que se reconocía que los robots podrían realizar tareas de atención médica a los humanos, podemos inferir que la implicación de la UE en la IA, la RA y el BD en el sector de la sanidad parece insuficiente en comparación con países como Estados Unidos y China.

Características y síntesis

El relato tecnológico europeo relacionado con la medicina digital se reconoce en la afirmación del Dictamen de 2017 del Comité Económico y Social Europeo de que las máquinas continúen siendo máquinas y los humanos conserven en todo momento el dominio sobre ellas. Los elementos clave son los siguientes:

- A finales de los ochenta del siglo XX el Consejo avistó la relación entre el ámbito de la sanidad y la IA.
- Desde la segunda década del siglo XXI la UE financia proyectos de desarrollo de la IA y la robótica en ámbitos de la sanidad con la participación de instituciones universitarias y empresas privadas (p.e., Murab).
- La UE promueve las plataformas digitales para conectar los centros especializados en robótica sanitaria en una red paneuropea (p.e., DIH_HERO) y se innova con aplicaciones de IA en diagnósticos y tratamientos médicos (Babylon Healthcare Services) y en cirugía digital a distancia (p.e., Cirujano Remoto 5G).
- El Parlamento observa que la robótica autónoma tiene el potencial de reducir los gastos sanitarios y de proporcionar importantes beneficios sociales y económicos con el despliegue de estas tecnologías.
- Se observa la necesidad de un marco jurídico que obligue a mantener un registro de los robots autónomos y que contemple las responsabilidades de sus acciones. Asimismo, que regule su dinámica en la medicina digital, es decir, en la asistencia geriátrica y la cirugía robótica, y en los diagnósticos, tratamientos y prescripción médica.

En suma, desde que en 1987 el Consejo avistara la IA como una utilidad potencial para la medicina, y hasta la segunda década del siglo XXI en que ésta cobró una importante relevancia, la IA, la RA y el BD, han progresado desde ser una mera posibilidad tecnológica, hasta convertirse en una realidad con capacidad de ayudar a mejorar la salud en ámbitos como los diagnósticos, tratamientos, pronósticos, operaciones quirúrgicas y en la asistencia geriátrica. Venía de lejos, pues, el empeño europeo por la medicina digital avanzada. Tras importantes inversiones en las TIC, la IA y la RA que impulsaron proyectos específicos de medicina (AIM) y proyectos financiados dentro de los Programas Marco (MURAB, Cyberleg++, etc.), la Unión Europea está en la senda de lograr un sector sanitario puntero en IA, RA y BD, tanto en el ámbito de la industria como de los servicios.

Como hemos visto con antelación, en 1984 el Consejo procedió a la puesta en marcha de los Programas Marco de investigación y desarrollo tecnológico como fuentes de crecimiento económico y de empleo. El cuarto de ellos (1994-1998) encarriló la industria hacia un modelo de desarrollo sostenible caracterizado por procesos de producción basados en tecnologías limpias y renovables que se prolongaría hasta nuestros días. Las políticas de I+D+i contribuyeron a impulsar la IA, la RA y el BD, y dieron lugar a la estrategia industrial y tecnológica «AI Made in Europe» cuyo impacto sobre la industria y la economía digital analizaremos seguidamente.

7) LA INDUSTRIA INTELIGENTE, INNOVADORA Y SOSTENIBLE

EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA DECIDIÓ IMPULSAR un primer programa específico de investigación y desarrollo tecnológico con el punto de mira puesto en la industria. Planteado como una acción asociada al cuarto Programa Marco (1994-1998), sus directrices incidían en que la mejora de los procesos industriales cada vez más complejos debería abordarse teniendo en cuenta los progresos de la IA. De este modo, el Consejo realizaba una apuesta estratégica por la que la IA quedaba políticamente vinculada a los procesos productivos, que a la postre debería considerar los factores humanos y estar basados en tecnologías limpias y renovables con un enfoque de innovación sostenible.

A principios del siglo XXI emergió la economía digital y la Industria 4.0 con la denominada *Cuarta Revolución Industrial* que se caracteriza por el uso intensivo de las tecnologías como la IA, la RA, el BD, internet y las telecomunicaciones móviles. La crisis económica del 2008 retrocedió la producción industrial a los niveles de los años noventa y puso al borde del abismo la economía social de mercado europea. ¿Marcó un punto de inflexión la crisis industrial del año 2008 en las políticas tecnológicas de la Unión Europea?

7.1) Economía digital e industria 4.0

La economía digital es la forma de entender la economía sustentada en el desarrollo de las tecnologías digitales avanzadas y las telecomunicaciones. Constituye un ecosistema digital basado en la convergencia de multitud de nuevos procesos con nuevos objetos técnicos. El término economía digital fue acuñado por Don Tapscott (1994) en referencia a una economía conectada en red y basada en la inteligencia humana que habría de cambiar la forma de trabajar, hacer negocios, aprender, jugar e incluso de pensar. Al comparar la nueva economía digital con la economía tradicional *analógica*, Tapscott encontró diferencias fundamentales entre ambas, en particular, que la primera no solo hacía del conocimiento el motor de la economía, sino que también abordaba aspectos novedosos, por ejemplo, la digitalización de todo tipo de datos, una comunicación global, las organizaciones empresariales ligeras basadas en estructuras descentralizadas, la desintermediación que conecta directamente a clientes con proveedores, la globalización derivada de unas TIC que amplifican las posibilidades de colaboración, etc.

La economía digital comenzó a desarrollarse en la segunda década del siglo XXI de la mano de internet con la denominada *Cuarta Revolución Industrial* o *Segunda Revolución Digital*. Se caracteriza por el uso intensivo de tecnologías como la IA, internet, la supercomputación y la nube, las telecomunicaciones móviles y de banda ancha y las plataformas digitales, entre otras. La convergencia de todas esas tecnologías ha dado lugar a lo que ha venido en llamarse el proceso de transformación digital de la industria o Industria 4.0. El término alude, por ejemplo, a la producción de bienes en las fábricas inteligentes muy automatizadas e interconectadas con el medio exterior, es decir, con el nivel de oferta y demanda de los mercados, con los clientes, los proveedores y otras fábricas inteligentes, de modo que aumentan la eficiencia y reducen la intermediación (Schwab, 2016). Siendo los sistemas de telecomunicaciones indispensables en estos procesos de la industria, se espera que la tecnología de quinta generación 5G desempeñe un papel crucial en unas sociedades y economías cada vez más digitalizadas en las que miles de millones de objetos y sistemas

conectados se verán involucrados, en particular, en sectores críticos como la energía, el transporte, la banca y la sanidad (COM/2019/552). En este sentido, la tecnología 5G facilitará que la IA se despliegue ampliamente en todos los sectores industriales, como en el de la producción de vehículos (5G-INDUCE, 2020), porque aporta una alta velocidad de conexión, una densidad enorme de cosas conectadas y una baja latencia de comunicación que abre la posibilidad a que la industria avance hacia una producción totalmente automatizada.

En este sentido, el Comité Económico y Social Europeo advirtió que la competitividad de las industrias europeas en sectores como el transporte, la automoción, la energía o la química, dependería de la capacidad de utilización de la telecomunicaciones 5G (2019/C 353/13). En consecuencia, el Comité solicitó a la Comisión que supervisara rigurosamente los progresos del despliegue y el uso real de esa tecnología y pidió a los Estados miembros que continuaran acelerando el proceso, instando a todas las instituciones y a los Estados miembros a culminar el Mercado Único Digital en 2025, en el que las telecomunicaciones son un factor vital para conectar todos los ámbitos sociales y económicos¹.

En suma, la economía digital y la Industria 4.0 se caracterizan por aprovechar las últimas tecnologías para la transformación digital. Por ejemplo, y relacionado con las fábricas inteligentes, la virtualización simula objetos tangibles en virtuales mediante un proceso informático. Es el caso de una fábrica física que es clonada en una fábrica gemela digitalizada, lo que permite proyectar simulaciones y observar los efectos que acarrearían los cambios en las líneas de producción previo a realizarlos físicamente. Asimismo, la robótica convencional y autónoma ocupan un lugar destacado en el desarrollo de la Industria 4.0.

¹ Entre los cinco principales proveedores de tecnología 5G se encuentran dos europeos, dos chinos y un coreano (probablemente los europeos: Ericsson y Nokia, los chinos: Huawei y ZTE y el coreano: Samsung). El Comité Económico y Social Europeo sugirió la necesidad de adoptar una política europea que exija que cada país disponga como mínimo de dos proveedores, al menos uno de ellos europeo.

7.2) Robótica: motor europeo

Europa no solamente es una potencia global en sectores industriales como la automoción y la aeronáutica, sino también en la fabricación de robótica, dado que produce más de un cuarto de todos los robots industriales y de servicio profesionales² (COM/2020/65). Dispone de una sólida posición en robótica convencional con un 32% de los mercados mundiales actuales en los que con la robótica industrial acapara alrededor de un tercio. Por su parte, en el mercado de robots de servicio profesional, los fabricantes europeos producen el 63% de los robots no militares, y en el de robots domésticos y de servicios el 14% del mercado (euRobotics, 2019). Algunos de los fabricantes europeos son: Siemens AG, KUKA Robotics, ABB Robotics, Stäubli, Comau, Universal Robots y Mobile Industrial Robots.

Para la Comisión, la UE debe estar a la vanguardia de la adopción de la IA para aprovechar las oportunidades que suponen tanto el desarrollo de soluciones innovadoras, como su aplicación a toda una serie de ámbitos a través de centros de excelencia en IA y polos de innovación digital, instituciones académicas, agencias, asociaciones, publicaciones, programas y plataformas tecnológicas (COM/2018/237). Un buen ejemplo de estas entidades es la Plataforma Tecnológica Europea euRobotics, una asociación de ámbito internacional con sede en Bruselas que reúne a todas las partes interesadas en la robótica europea. Cuenta con cerca de 250 miembros entre centros académicos, organizaciones de investigación y empresas de la industria, en particular, productores de robots y proveedores de servicios (euRobotics, 2019). Una de sus misiones es colaborar con la Comisión para desarrollar e implementar una estrategia y una hoja de ruta para la investigación, el desarrollo y la innovación en robótica. La plataforma (euRobotics, 2019a) es el lado privado de la asociación público-privada SPARC Robotics, que agrupa a todos los países europeos

² Un robot de servicio profesional es un robot con cierto grado de autonomía que realiza tareas que no incluyen las aplicaciones de automatización industrial, por ejemplo, los robots de limpieza para lugares públicos, los de transporte y entrega de productos (delivery) o los robots de rehabilitación y de cirugía que se utilizan en los hospitales (IFR, 2020).

interesados en mantener y ampliar el liderazgo de Europa en robótica y que integra la Plataforma Tecnológica Europea de Robótica (EUROP) y la red de investigación y formación en neurociencias EURON, constituida por ocho universidades de Bélgica, Francia, Alemania, Luxemburgo y los Países Bajos.

El objetivo de SPARC Robotics es fortalecer la competitividad y proporcionar liderazgo industrial para fabricantes, proveedores y usuarios finales de tecnología, sistemas y servicios de robótica, así como promover una adopción más amplia para uso profesional y privado además de potenciar la excelencia de la robótica europea. Gestiona en la actualidad setenta y cinco proyectos³ que suponen cerca de 3.000 millones de euros para el desarrollo de robots de uso civil convencionales y autónomos en los campos de fabricación, agricultura, sanidad, transporte, seguridad civil y sector doméstico, que pretende reforzar la posición de Europa en el mercado global de la robótica en 60.000 millones de euros al año a partir de 2020 (SPARC, 2018). Sin lugar a duda es el mayor proyecto del mundo en materia de investigación robótica de uso civil (Robótica industrial, 2014).

La mayoría de los proyectos SPARC se extiende entre 3 y 5 años, y los dominios de aplicación están relacionados, por ejemplo, con el transporte, la robótica industrial y los entornos peligrosos. Algunos se ocupan de cuestiones de seguridad complejas en la frontera donde los robots se encuentran con las personas. Otros diseñan ecosistemas sostenibles en la comunidad de robótica, estableciendo plataformas comunes que apoyen su desarrollo. También hay proyectos que se ocupan de la roboética, un aspecto que subyace a la perspectiva ética de los sistemas tecnológicos y que desarrollaremos más adelante. En todo caso, muchas de las investigaciones en robótica se centran en aplicaciones industriales, y en ese sentido, la Comisión consideró la conveniencia de apoyar el desarrollo del Mercado Único Digital, tanto como una estrategia para la economía en general, como un acicate para la digitalización de la industria.

³ (Véase Anexo C)

7.3) Agenda Digital y Mercado Único Digital

La crisis económica del 2008 fue un momento decisivo para la Unión Europea. El PIB cayó un 4% en 2009 y la producción industrial retrocedió a los niveles de los años noventa. Las finanzas públicas se vieron seriamente afectadas: en dos años se habían borrado veinte años de saneamiento económico y fiscal logrado desde el fin de las crisis del petróleo. Esta crisis había echado por tierra años de progreso socioeconómico y expuesto a debilidades estructurales a la economía social de mercado europea. Un «nuevo principio» dijo José Manuel Barroso, presidente de la Comisión, cuando afirmó que «El año 2010 debe marcar un nuevo principio [...]. La crisis es una llamada de atención, el momento de reconocer que dejar que las cosas sigan igual nos relegaría a un declive gradual, a la segunda fila del nuevo orden global [...]. Europa necesita volver a encontrar el rumbo y mantenerlo. Ese es el propósito de Europa 2020» (COM/2010/2020 pág. 2).

El *nuevo principio* se dio en marzo de 2010 con la Estrategia Europa 2020 que proponía tres prioridades que se refuerzan mutuamente: crecimiento inteligente, sostenible e integrador. Un crecimiento basado en el conocimiento y la innovación en una economía verde y competitiva, y con un alto nivel de empleo para la cohesión social y territorial que constituía una visión de la economía social de mercado de Europa para el siglo XXI (COM/2010/2020). La Comisión propuso siete iniciativas emblemáticas para lograr las prioridades, entre las que destacamos: alcanzar el 3% del PIB de la UE en investigación y desarrollo (I+D), una política industrial adaptada a la era de la mundialización, y la creación de una agenda digital para Europa con el fin de acelerar el despliegue de internet de alta velocidad y beneficiarse de un mercado único digital para las familias y empresas.

En 2010 el PIB de I+D se situaba en el 1,97% y fue mejorando progresivamente hasta alcanzar el 2,18% en 2018, bajando ligeramente en 2019 según estimaciones, es decir, lejos del objetivo deseado (Banco Mundial, 2021). La política industrial se diseñaría con cierto retraso en 2018 como veremos más abajo. Sin embargo, la Agenda Digital fue aprobada por el

Parlamento solo dos meses después, siendo concebida para lograr beneficios económicos y sociales sostenibles basados en una internet rápida y ultrarrápida y en unas aplicaciones interoperables (COM/2010/245). La Agenda planteaba la necesidad de instaurar un Mercado Único Digital, que pese tener que salvar multitud de obstáculos (tales como la fragmentación de los mercados digitales europeos, la ausencia de inversión en redes de telecomunicación o la insuficiencia en investigación) estaba llamado a fomentar la innovación, la mejora de la vida cotidiana y el crecimiento económico⁴.

La Comisión se hacía eco de que la mayor parte de los recientes negocios de éxito en internet (tales como Google, eBay, Amazon y Facebook) tenían su origen fuera de Europa. Solo una de las nueve empresas de aplicaciones de las TIC presentes en la lista Global 500 del Financial Times era europea, y únicamente cuatro de los cincuenta y cuatro sitios web más visitados en Europa eran de origen europeo. Además, pese a la numerosa e importante legislación relativa al mercado único⁵ en materia de comercio electrónico y facturación y firma electrónica, las transacciones en el entorno digital seguían siendo demasiado complejas dadas las incoherencias en la aplicación de la normativa en los Estados miembros. Por si fuera poco, en el año 2010 Europa estaba lejos de contar con un mercado único de servicios de telecomunicaciones y por consiguiente necesitaba una estrategia que lo hiciera entrar en la era de internet, y que la Agenda Digital para Europa la estructuró en torno a tres pilares: mejorar el acceso de los consumidores y las empresas a los bienes y servicios digitales, crear las condiciones adecuadas para el éxito de los servicios y las redes digitales, y aprovechar el potencial de crecimiento de la economía digital fomentando las competencias digitales y la informática de alto rendimiento (COM/2010/245) (PE, 2019b).

⁴ Un buen ejemplo de la Agenda Digital es el programa Connecting Europe Facility (CEF, 2020e) que incide en los ámbitos de las infraestructuras de telecomunicaciones (CEF Telecom, 2019).

⁵ El mercado único o mercado interior europeo es aquél en que las personas, las mercancías, los servicios y los capitales pueden circular libremente (CE, 2020).

Para la Comisión, «Lograr un Mercado Único Digital permitirá que Europa mantenga su posición de líder mundial en la economía digital, lo que ayudará a las empresas europeas a crecer a escala mundial» (COM/2015/192 pág. 3). Para lograrlo, la UE debía eliminar las barreras de los Estados a las transacciones efectuadas en línea, y las restricciones relacionadas con la ubicación de los datos, es decir, los requisitos de los Estados para que los datos se mantengan aislados en sus territorios. El propósito era evidente: mejorar el acceso a la información, tal y como analizaremos más adelante con el importantísimo Reglamento sobre datos no personales (UE) 2018/1807. Asimismo, debería rebajar los costes de las transacciones, aumentar la desmaterialización del consumo, reducir la huella ambiental e introducir nuevos y mejores modelos empresariales y administrativos (PE, 2019a).

Tal como propuso en 2010 la Agenda Digital para Europa, se inició una ambiciosa estrategia para lograr que el Mercado Único Digital no se quedara atrás en la construcción de su futuro digital. Se trató de aprovechar al máximo el potencial de crecimiento de la economía digital, así como la aplicación de medidas específicas en tecnologías como la IA, la RA, el BD y el IoT. Las directrices políticas de «abrir los compartimientos nacionales de regulación» expuestas en 2015 por el entonces presidente Jean-Claude Juncker fueron clarificadoras: «Creo que debemos utilizar mucho mejor las grandes oportunidades que ofrecen las tecnologías digitales, que no conocen fronteras. Para ello, necesitamos tener el valor de abrir los compartimientos nacionales de regulación de las telecomunicaciones, de derechos de propiedad intelectual y de legislación sobre protección de datos, de gestión de las ondas de radio y de aplicación del Derecho de la competencia» (COM/2015/192 pág. 2).

Es decir, como estrategia para el Mercado Único Digital se incidía en la cuestión de crear unas condiciones de competencia equitativas, en las que todas las empresas que pudieran ofrecer sus productos o servicios digitales en el Espacio Económico Europeo⁶ compartieran

⁶ El Espacio Económico Europeo (EEE) reúne a los Estados miembros de la UE y a Islandia, Liechtenstein y Noruega en un mercado regulado por las mismas normas básicas. La finalidad es posibilitar la libre circulación de bienes, servicios, capitales y personas en todo el Espacio en un entorno abierto y competitivo. El Acuerdo entró en vigor el 1 de enero de 1994 (CESE, 2019).

una misma normativa. Algunas de las ventajas fácilmente observables serían, por ejemplo, que la ciudadanía europea estaría en condiciones de utilizar los teléfonos móviles sin la obligación de pagar tarifas de itinerancia. También, garantizar que los consumidores pudieran acceder a los servicios, la música, las películas y los eventos deportivos con sus dispositivos electrónicos en cualquier lugar mediante un marco regulador para las plataformas en línea que operan en Europa (COM/2015/192).

En una Comunicación de 2016 sobre la digitalización de la industria europea, la Comisión exponía la existencia de disparidades importantes entre las pymes y las grandes empresas, estando la gran mayoría de las primeras muy rezagadas en la adopción de las innovaciones digitales con respecto a las grandes. Sea como fuere, la Comisión recalcó que uno de los objetivos primarios para digitalizar la industria era desarrollar el Mercado Único Digital, a fin de atraer inversiones hacia las innovaciones y conseguir que las empresas crecieran con mayor rapidez en una economía digital. A su vez, la adopción de estas tecnologías digitales las ayudaría a consolidarse y expandirse más allá del mercado interior y hacer de la UE un lugar más atractivo para las inversiones mundiales (COM/2016/180).

No obstante, el nivel de digitalización de la industria varía en función de los sectores, en particular entre los de alta tecnología y los más tradicionales, y entre los Estados miembros y las diferentes regiones europeas. Es decir, una de las dificultades con la que tropieza el Mercado Único Digital reside en las amplias desigualdades del nivel de digitalización territorial⁷, con notables diferencias entre los Estados más digitalizados, como por ejemplo, Finlandia, Suecia, Países Bajos o Dinamarca, y los menos, como Bulgaria, Rumania, Grecia o Polonia (CE, 2019g).

⁷ El nivel de digitalización son valoraciones según el Índice de Economía y Sociedad Digital de la Comisión (DESI), que compara la evolución digital de los Estados miembros considerando los niveles de conectividad, de competencias digitales, del uso de servicios de internet, de la integración de la tecnología digital y del grado de digitalización de los servicios públicos (CE, 2019g).

En enero de 2018 un Dictamen exploratorio del Comité Económico y Social Europeo sobre un planteamiento global para la política industrial, instó a la Comisión y a los Estados miembros a elaborar una estrategia integral sobre la industria europea a largo plazo adoptando una visión global, olvidando los planteamientos basados en soluciones cortoplacistas que no facilitarían ni el crecimiento ni la creación de empleo sostenible (EESC-2017-04732-AS, 2018). La Comisión llegó a la conclusión de que la industria europea corría el riesgo de quedarse atrás en la construcción de los cimientos mismos de su futuro digital y propuso una estrategia basada en la IA para crear una *nueva* industria que analizaremos a continuación. Una estrategia industrial y tecnológica diseñada para las condiciones sin precedentes que había generado la introducción de la IA y la probable emergencia de la nueva Industria 5.0 (una industria que incorpora a los robots colaborativos que trabajan junto a humanos para liberarnos de las tareas más repetitivas). También los procesos de producción y los productos se debían diseñar en función de su reincorporación al ciclo de producción (economía circular) para reducir el consumo de materias primas y eliminar los residuos con impacto negativo en el medio ambiente (Society 5.0, 2019).

7.4) Estrategia industrial y tecnológica «AI Made in Europe»

El Comité Europeo de las Regiones (CDR) emitió un Dictamen en marzo de 2017 en el que abordaba la *revolución industrial* impulsada por las nuevas generaciones de tecnologías como la IA, la RA y el BD, y también por nuevos modos de aplicarlas a problemas sectoriales y locales (2017/C 088/06). Dicho documento analizaba el Comunicado mencionado de 2016 sobre la digitalización de la industria europea, y apuntaba a que el desafío de la industria residía en aprovechar en su totalidad y con mucha rapidez esas oportunidades tecnológicas. Igualmente, el futuro crecimiento económico, las perspectivas de empleo y la cohesión económica, social y territorial dependían cada vez más de la capacidad de comprender, adoptar y utilizar todos los aspectos de la sociedad de la innovación tecnológica en las regiones⁸.

Unos meses después, la Comisión apostaba por invertir en una industria inteligente, innovadora y sostenible que contribuyera a la competitividad, el empleo y el crecimiento en una nueva era industrial caracterizada por la aceleración del ritmo de las transformaciones económicas, sociales y medioambientales, así como por los avances tecnológicos en ámbitos como la robótica, la IA, los sistemas energéticos y la bioeconomía (COM/2017/479). El desafío se manifestó el 25 de abril de 2018 con la iniciativa «IA para Europa», una estrategia en la que la IA ya formaba parte de la vida de los europeos y contribuiría a que el sector industrial resultara más eficiente para que la fabricación volviera a Europa. Consta de tres grandes iniciativas: potenciar la capacidad tecnológica e industrial, prepararse para las transformaciones socioeconómicas que origina la IA, y garantizar el establecimiento de un marco ético y jurídico apropiado (COM/2018/237).

⁸ Es decir, en sus entes territoriales con entidad propia dentro de cada Estado miembro de la UE. Un buen ejemplo de región europea es la entidad territorial Comunitat Valenciana, que junto a otras 170 regiones forman parte de la Estrategia de Especialización Inteligente para la investigación y la innovación (RIS3) basada en la colaboración entre las regiones europeas (GVA, 2018).

La primera iniciativa trataba de potenciar la capacidad tecnológica e industrial y de impulsar la adopción de la IA en todos los ámbitos de la economía, tanto en el sector privado como en el público. Las medidas pasaban por intensificar las inversiones públicas y atraer las inversiones privadas, reforzar la investigación y la innovación en la industria, la sanidad, la agricultura, la energía, el sector manufacturero, la próxima generación de las TIC, la seguridad y las administraciones públicas. También se preveía apoyar a los centros de investigación de excelencia de IA en toda Europa, establecer instalaciones de ensayo de referencia mundial, y acercar la IA a todas las pequeñas empresas y usuarios potenciales.

La segunda tenía como propósito principal la tarea de prepararse para las transformaciones socioeconómicas que originase el despliegue de la IA. Se hacía necesario fomentar la modernización de los sistemas de educación y formación, favoreciendo el talento, previendo los cambios en el mercado laboral y prestando apoyo a las transiciones que se operasen tanto en dicho ámbito de trabajo como en la adaptación de los sistemas de protección social. Comúnmente, la formación y las competencias profesionales son contempladas como un factor de gran importancia para la integración social en cualquier sociedad de la información. Tanto es así, que el Comité Económico y Social Europeo en un Dictamen exploratorio sobre un planteamiento global para la política industrial, consideraba la existencia de un vínculo directo entre los programas e infraestructuras educativas y la cohesión social, de manera que eran aspectos fundamentales la puesta al día continua de las competencias y cualificaciones de los usuarios de la tecnología digital y el reciclaje profesional (EESC-2017-04732-AS).

La tercera iniciativa trata de elaborar directrices en relación con la IA para crear confianza en su utilización. Como primer paso se establecía que antes de finalizar el 2018 se elaboraría un proyecto para responder a las preocupaciones relacionadas con las cuestiones éticas que pudieran ocasionarse, como por ejemplo, la responsabilidad por las acciones u omisiones de la IA.

Para llevar a cabo «IA para Europa», la Comisión propuso trabajar con los Estados miembros en un plan coordinado sobre IA para finales de 2018, con el objetivo de maximizar el impacto de las inversiones, fomentar las sinergias y la cooperación, intercambiar las mejores prácticas y definir colectivamente el camino a seguir para garantizar que la Unión en su conjunto pudiera competir globalmente. La propuesta de un plan coordinado basado en la Declaración de cooperación sobre IA se lanzó en abril y fue firmada por todos los Estados miembros y Noruega, siendo aprobada por el Consejo Europeo en junio de 2018.

Cumpliendo con la ruta establecida, en diciembre de 2018 la Comisión presentó el plan coordinado sobre la IA en el que se esbozan las líneas maestras de la estrategia industrial y tecnológica «AI Made in Europe» en la que se declara que el crecimiento de la capacidad informática, la disponibilidad de datos y los avances en los algoritmos han convertido la IA en una de las tecnologías más estratégicas del siglo XXI, y en consecuencia se deben abordar las oportunidades que ofrece esta tecnología. Asimismo, la IA sería la principal impulsora del crecimiento económico y productivo que contribuiría a la sostenibilidad de la base industrial en Europa (COM/2018/795). Algunas de las acciones planteadas fueron las siguientes:

- Aumentar las inversiones en IA, puesto que los niveles de inversión eran bajos y fragmentados en relación con otras partes del mundo, como los Estados Unidos y China. Para remediarlo se estableció el objetivo de aumentar la inversión para alcanzar con el sector público y privado combinados un monto de 20.000 millones de euros para el período 2018-2020, así como incrementar las inversiones hasta otros 20.000 millones por año en el transcurso de la próxima década. Al mismo tiempo y coordinado con otras estrategias que estaban en curso, la Comisión incrementó las inversiones en IA en base a Horizonte 2020 a 1.500 millones de euros en el período 2018-2020, y en el marco financiero plurianual 2021-2027 propuso dedicar al menos 1.000 millones de euros por año en el Programa Horizonte Europa (COM/2018/435) (COM/2018/436).

- Aprovechar las fortalezas de Europa para desarrollar en asociación con la industria y los Estados miembros, las agendas compartidas para la investigación y el desarrollo de colaboración entre el sector industrial, el mundo académico y la innovación. Así también, adaptar los programas y sistemas de aprendizaje y capacitación para preparar a la sociedad europea y sus futuras generaciones en materia de IA.
- Establecer instalaciones de ensayo de referencia mundial⁹ para acelerar la asimilación de la IA a través de centros de innovación digital que servirían para fomentar la adopción de IA en toda la economía, y en particular, en las pymes que representan el 99% de las empresas europeas y el 87% de las empresas exportadoras (COM/2020/705).
- Implementar directrices sobre la IA con pleno respeto de los derechos fundamentales, a fin de establecer estándares y tratar de convertir la UE en líder mundial en el desarrollo y uso de una IA ética, segura y vanguardista «Made in Europe», garantizando al mismo tiempo un marco ético y legal adecuado, aspectos que desarrollaremos más adelante.

Por su parte, los factores clave que apoyan una implementación efectiva de la IA serían: la finalización del Mercado Único Digital con su marco regulatorio, incluida la rápida adopción de la propuesta de la Comisión para un Centro Europeo de Competencia Industrial, Tecnológica y de Investigación en Ciberseguridad, y la Red de Centros Nacionales de Coordinación (COM/2018/630). Así también, la conectividad reforzada a través de la armonización del espectro electromagnético de redes móviles 5G y fibras ópticas muy rápidas, nubes de próxima generación y tecnologías satelitales como el sistema global de posicionamiento y navegación por satélite (Galileo, 2019). Con estos factores clave, se esperaba que el progreso en IA pudiera allanar el terreno a nuevas oportunidades en áreas

⁹ Una instalación de pruebas y experimentación de referencia es una infraestructura de tecnología que cuenta con experiencia y conocimientos especializados específicos en materia de pruebas de tecnología consolidada en condiciones reales o cercanas a ellas (hospital inteligente, salas limpias, ciudad inteligente, granja experimental, corredores para conducción conectada y automatizada, etc.). De hecho, sobre la base de un primer conjunto de corredores transfronterizos 5G para conducción conectada y autónoma (Horizonte 2020).

como la atención médica personalizada y más precisa, la conducción conectada y autónoma, la tecnología financiera, manufactura avanzada, aplicaciones espaciales, redes eléctricas inteligentes¹⁰, economía ecológica y biológica sostenible, mejor detección e investigación de actividades delictivas (lavado de dinero, fraude fiscal, etc.), medios de comunicación, etc. (COM/2018/795).

El panorama anterior obligaba a que la competitividad industrial de la UE debía concebirse y plantearse a escala planetaria, a pesar de las diferencias entre Estados miembros. En este sentido, numerosos estudios mostraban una división clara entre diez de los Estados miembros líderes en competitividad, siete en segundo lugar y once que estaban ganando terreno (EESC, 2016). En otras palabras, que las políticas de la UE basadas originalmente en la convergencia no tenían suficientemente en cuenta la profundización de las divergencias entre los Estados miembros. Esta debilidad estructural podría ser debida a la inexistencia de un planteamiento común, y por lo tanto, la cuestión debía abordarse teniendo presente el principio de crecimiento general para tratar de restablecer el vínculo entre convergencia, competitividad y cohesión entre todos los Estados miembros (EESC-2017-04732-AS).

Tal y como manifestó el Consejo en 1994, las tecnologías digitales como la IA son fuerzas motrices tanto para el crecimiento económico como para la innovación sostenible (94/571/CE). Veinticinco años después, la Comisión persistía en este empeño cuando la primera presidenta de la Comisión Europea, Ursula von der Leyen, reforzó esta intención al afirmar los propósitos de situar a Europa en una nueva senda de crecimiento sostenible e integrador y de aplicar la Agenda 2030 para los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (Leyen, 2019) (UN, 2019). Tanto es así, que el 11 de diciembre de 2019 la

¹⁰ No hay una definición clara y aceptada mayoritaria sobre las redes inteligentes (Smart Grids). La Plataforma Tecnológica Europea de Redes Inteligentes la define como aquella que puede integrar de manera eficiente el comportamiento y las acciones de todos los usuarios conectados (empresas de generación de electricidad, consumidores y agentes que desempeñan ambos papeles) con el fin de brindar sistemas eléctricos económicamente eficientes y sostenibles, con pocas pérdidas y un alto nivel de calidad, garantía de abastecimiento y seguridad (COM/2011/202).

Comisión presentó una Comunicación sobre «El Pacto Verde Europeo», una iniciativa que reforzaba el compromiso de la UE frente a los desafíos del clima y el medio ambiente (COM/2019/640). Ahora bien, la ambición medioambiental del Pacto Verde no se hará realidad si Europa actúa en solitario, porque resulta evidente que los factores que impulsan los problemas son de alcance global y no se ven limitados por las fronteras de los Estados.

Y es en ese punto donde la Comisión exploraría medidas para garantizar que las tecnologías digitales como la IA, las redes 5G, la computación en la nube y el IoT, pudieran acelerar y potenciar los efectos de las políticas para cooperar con otros países y proteger el medio ambiente de la contaminación y destrucción de los bosques y océanos (AEMA, 2019) (IPCC, 2019). La digitalización y la disponibilidad de datos, como veremos a continuación con la economía de los datos, brinda nuevas oportunidades para el control a distancia de la contaminación del aire y del agua, o para la monitorización y optimización del modo de utilización de la energía y los recursos naturales. Se trataba, pues, de transformar la UE en una sociedad equitativa y próspera con una industria moderna, competitiva y eficiente en el uso de los recursos a través de una estrategia de crecimiento sostenible.

Características y síntesis

El relato tecnológico de la industria europea se reconoce en la determinación de la Comisión de que la crisis del 2008 fue una llamada de atención y debía marcar a partir de 2010 *un nuevo principio* con la Estrategia Europa 2020. Los elementos clave son los siguientes:

- A mediados de la década de los noventa se vinculó políticamente la IA con los procesos de producción industrial en la UE. También irrumpió internet que daría lugar a la economía digital basada en las tecnologías digitales.
- En la década de los noventa se reflejó la sensación de un posible *impacto* de la tecnología digital en la sociedad, que proyectada en la economía digital se especuló con que cambiaría la forma de trabajar, de hacer negocios, de aprender y de pensar (Tapscott).
- En 2010 se aprobaron la estrategia Europa 2020 y la Agenda Digital para Europa con el propósito de lograr que el Mercado Único Digital no se quedara atrás en la construcción de su futuro tratando de aprovechar al máximo la economía digital.
- A partir de 2013 emergen las primeras asociaciones público-privadas y plataformas como SPARC, euRobotics y BDVA, relacionadas con la industria y la IA, así como los polos de innovación digital, centros de excelencia en IA y los programas de supercomputación. También se fundaron entornos experimentales en desarrollo, ensayo e innovación.
- En la segunda década del siglo XXI florecieron novedades en modelos empresariales (p.e., la desintermediación con las plataformas digitales relacionadas con el BD) y nuevas profesiones (p.e., científico de datos en IA y especialistas en transformación digital) que refleja el *impacto* de la economía digital.
- En 2018 la Comisión consideró en la estrategia «AI Made in Europe» a las tecnologías de la IA como la principal impulsora del crecimiento económico y productivo de la UE.

Así pues, la crisis económica del 2008 marcó un punto de inflexión crucial en el devenir tecnológico de la UE, ya que propició la aprobación en 2010 de la Estrategia Europa 2020, apoyó la economía digital y alumbró la Agenda Digital para Europa y el Mercado Único Digital, que reforzarían la digitalización de la industria. En 2018, la Comisión diseñó la estrategia «IA para Europa» para que el sector industrial resultara más eficiente y revertir la deslocalización de la producción de las empresas europeas, por ejemplo en países asiáticos, con tres grandes iniciativas: potenciar la capacidad tecnológica e industrial, prepararse para los cambios socioeconómicos que origina la IA, y garantizar el establecimiento de un marco ético y jurídico adecuado. Unas iniciativas que abrirían un camino hacia una *nueva* industria digitalizada con la estrategia industrial y tecnológica «AI Made in Europe», dotada con importantes inversiones, por la que la IA debería ser la principal impulsora del crecimiento económico y productivo de la UE y contribuir a la sostenibilidad de la base industrial en Europa.

En resumen, entre finales de los años setenta del siglo XX y la segunda década del siglo XXI, la IA había progresado desde ser una potencialidad, a ayudar en la mejora de los procesos industriales y a reinventarse en una *nueva* industria digitalizada, innovadora y sostenible. Una industria moderna que tiene en consideración el impacto medioambiental de sus actividades industriales y toda una infraestructura de instituciones académicas, agencias, asociaciones, programas, plataformas tecnológicas y empresas, que junto a la economía de los datos constituyen un ecosistema tractor de la economía digital.

8) LA ECONOMÍA DE LOS DATOS: BIG DATA.

LA ECONOMÍA DE LOS DATOS ES LA PARTE DE LA ECONOMÍA DIGITAL que constituye un motor esencial del Mercado Único Digital. Su uso inteligente tiene un efecto transformador tanto en la ciudadanía como en los sectores público y privado, el mundo académico y la comunidad científica. Asimismo tiene un fuerte impacto sobre la economía tradicional al eliminar, modificar y alumbrar nuevos negocios y nuevas formas de relaciones sociales.

La Comisión Europea llamó la atención sobre la amenaza de países como Estados Unidos y China por su posible hegemonía en los grandes sistemas técnicos informacional y transaccional del BD. Con cierto retraso, la Unión Europea decidió liberar el potencial de la economía de los datos mediante una normativa jurídica para su libre circulación en el Espacio Económico Europeo, así como potenciar la supercomputación con la Infraestructura Europea de Datos. ¿Cuáles fueron las causas del retraso? ¿En qué ámbitos es importante la economía de los datos?

8.1) Los tiempos están cambiando

La economía de los datos mide la repercusión global del mercado de datos en la economía como un todo, es decir, el mercado en que se intercambian datos digitales como productos o servicios, y se refieren exclusivamente a aquellos que se recopilan, procesan, almacenan y transmiten a través de infraestructuras de información digital o se elaboran con tecnologías digitales (IDC, 2017). La economía de los datos está relacionada principalmente con dos de los tres grandes sistemas técnicos de las tecnologías digitales avanzadas: el informacional (buscadores de internet, análisis del BD, redes sociales, etc.) y el transaccional (e-Commerce, economía compartida, plataformas de transacciones digitales comerciales de bienes y servicios, etc.).

Probablemente, fue Google en el año 2000 que inauguró la economía de los datos con la explotación comercial de la información elaborada de las interacciones de los usuarios con su motor de búsquedas de internet. Por aquellas fechas, la cantidad de información digital almacenada y la que circulaba a través de internet por el planeta era irrelevante. Desde entonces, el almacenamiento y tráfico de datos ha aumentado de forma exponencial. Cabe resaltar que, según estimaciones, el valor económico de esta economía en la UE ascendía a 257.000 millones de euros en 2014, lo que equivalía al 1,85 % del PIB de la Unión Europea, y el mismo estudio pronosticó que en condiciones de alto crecimiento alcanzaría los 739.000 millones de euros en 2020 (IDC, 2017). Resulta evidente que el impacto empresarial del BD es enorme. Según afirmaba la Comisión, en 2016 la UE contaba con 254.850 empresas de datos, cifra que continuó aumentando y que podría llegar a 360.000 en 2020 (COM/2018/232). Estas empresas representan el lado de la oferta del mercado de datos, siendo organizaciones cuya actividad principal es la producción y entrega de productos y servicios relacionados con datos digitales; y representando el lado de la demanda, tenemos los usuarios de datos que los recopilan, explotan y analizan de forma intensiva y utilizan lo que aprenden para mejorar su negocio.

Una de las características de la economía de los datos es que las nuevas ideas pueden convertirse rápidamente en oportunidades de negocio para abrir nuevos mercados y competir con los existentes, todo lo contrario a lo que ocurre con algunas tecnologías del sistema técnico operacional relacionadas con la IA, como la robótica autónoma. En este sentido, para Ontiveros y López (2017), innovación y transparencia en la economía de los datos están desdibujando las barreras de entrada en ciertos mercados que se basan en la información, fomentando una reorganización de los negocios tradicionales al aparecer nuevas empresas que impulsan una mayor competencia en el mercado. Un elemento básico y diferencial en el que se apoyan estas nuevas empresas de la economía de los datos es la transparencia. Puesto que los mercados funcionan como transmisores de información (a través de los precios y las cantidades de los bienes y servicios que ofrecen y las decisiones que toman los productores y clientes), su mayor afluencia y transparencia reducen tanto los costes de las transacciones como los problemas derivados de la asimetría de la información entre oferentes y demandantes.

Un buen ejemplo de la economía de los datos son las plataformas transaccionales de comercio electrónico, que actúan como intermediarios digitales entre productores y clientes. Otro ejemplo son las plataformas para la economía colaborativa, que para la Comisión Europea pueden crear nuevas oportunidades para consumidores y emprendedores mediante nuevos modelos empresariales ofrecidos con frecuencia por personas particulares, que pueden contribuir a generar empleo y mayor crecimiento (COM/2016/356). La economía de plataformas digitales transforma un amplio abanico de industrias como las relacionadas con la movilidad, el turismo, las transacciones bancarias y la compraventa electrónica que muchas veces suelen eliminar la intermediación de las empresas tradicionales como los pequeños minoristas¹.

¹ Como BlaBlaCar, Airbnb, Booking, Paypal, Fotocasa y Amazon.

Con frecuencia, tanto las plataformas transaccionales como las informacionales de las redes sociales, los blogs digitales y la enseñanza mediante los cursos masivos abiertos online (MOOC, por sus siglas en inglés) se benefician de economías de escala, porque a medida que aumentan sus usuarios, los costes marginales se aproximan a cero. Esto es debido a que el coste de producir cada unidad adicional, no teniendo en cuenta los costes fijos, es prácticamente nulo y el producto o servicio ofrecido puede acabar siendo casi gratuito. Un buen ejemplo es el proporcionado por Jeremy Rifkin (2014), en el que un escritor vende su trabajo intelectual a una editorial que pasa por varias personas y empresas que añaden el margen de beneficio que justifique su participación, tales como la editorial, el linotipista, el impresor, el distribuidor y el minorista. Sin embargo, cada vez hay más autores que escriben libros y los venden en internet a un precio muy bajo, incluso gratuitamente, prescindiendo de los intermediarios citados. Esa desintermediación favorece que el coste de distribuir cada copia se aproxime a cero. Los únicos costos son el tiempo dedicado a crear el producto y los relacionados con el ordenador y la conexión a internet, por lo tanto, una nueva copia del libro digital se puede producir y distribuir con un coste marginal prácticamente cero.

En efecto, un nuevo constructo económico alternativo o complementario al paradigma del sistema capitalista clásico está emergiendo con el coste marginal cero, dado que algunos bienes intangibles como las publicaciones de conocimientos en las plataformas digitales, pueden dejar de estar sometidas a las fuerzas del mercado tradicional y llegar a ser gratuitos y abundantes. Un nuevo sistema que no atendería ni a las leyes smithianas de la lógica de la oferta y la demanda del mercado, ni a la motivación del propio interés o la avaricia en el beneficio personal de la transacción económica, sino a los innatos sentimientos morales del amor propio conjugado con la innata *simpatía* por los demás².

² Debemos aclarar que Adam Smith, en sus obras sobre *La teoría de los sentimientos morales*, publicada en 1759, y *Una investigación sobre la naturaleza y las causas de la riqueza de las naciones*, en 1776, se refiere con el término inglés *self-love* al amor propio, dejando el comportamiento egoísta [*selfishness*] como una pasión sobrevenida indeseable que emana de la imaginación, al igual que la avaricia, el odio, la ira y la animadversión (Gradolí, 2015).

Dicho de otro modo, un sistema guiado por una nueva y diferente *mano invisible*, que bien pudiera ser un epifenómeno que emerge de la propia complejidad de las relaciones económicas colaborativas, de la misma manera que la inteligencia humana podría derivarse de las complejas relaciones neuronales y la IA de los complejos algoritmos machine learning de aprendizaje profundo, un sistema económico, decíamos, que refleje los auténticos valores morales legados por el filósofo escocés gracias a la tecnología digital. Unos valores que, a menudo, han sido mal interpretados y tergiversados, pero que aun así, desde finales del siglo XVIII han marcado las líneas maestras de la economía e inspirado la Declaración de los Derechos Humanos de 1948 en la que se basan los principios de una Europa unida en la diversidad.

Además, este nuevo sistema basado en las relaciones colaborativas no sería exclusivo de la economía de los datos, sino que alcanzaría también al sistema técnico operacional, como la impresión 3D, y en consecuencia a los bienes tangibles. Sería el mundo de los prosumidores, es decir, de los consumidores que a la vez son productores en un mundo no tanto competitivo como colaborativo (Rifkin, 2014). En fin, evocando a Bob Dylan (1963), quizá, mejor sería que comencemos a nadar o nos hundiremos como piedras, porque los tiempos están cambiando.

8.2) Construyendo la economía de los datos

Ciertamente, la economía digital europea había sido lenta a la hora de adoptar la economía de los datos. Las causas se encontraban en la alta complejidad y disparidad de los marcos jurídicos de los Estados miembros (tal como se afirmó en la creación en 2010 de la Agenda Digital para construir el Mercado Único Digital), que junto con el acceso insuficiente tanto al BD debido a las restricciones de libre circulación de datos en el Espacio Económico Europeo, como a la insuficiente supercomputación en la nube, crean barreras jurídicas y tecnológicas de entrada a las pymes que frenan la innovación (COM/2014/442). El impulso tecnológico se dio con la Iniciativa Europea de Computación en la Nube y la Infraestructura Europea de Datos (COM/2016/178), y el jurídico se abordó con el Reglamento (UE) 2018/1807 relativo al movimiento sobre datos no personales para cohesionar los ámbitos tecnológico, científico e industrial en el Espacio Económico Europeo. En la actualidad la Empresa Común Europea de Computación de Alto Rendimiento (EuroHPC JU) coordina esfuerzos para poner en común sus recursos con el objetivo de desplegar en Europa la supercomputación de clase mundial para el procesamiento de datos en ciencia y tecnología (EuroHPC, 2019).

En cualquier caso, la financiación de la I+D+i de la economía de los datos ha sido hasta hace bien poco inferior al umbral crítico para mantener el ritmo de innovación tecnológica impuesto por otras potencias mundiales. Por si fuera poco, las actividades concernientes estaban en gran parte descoordinadas entre los Estados miembros, por lo que había menos empresas de datos de éxito en Europa que en Estados Unidos y China, donde las grandes organizaciones habían reconocido la necesidad de invertir en nuevas herramientas y sistemas basados en los datos (COM/2014/442). Además, Europa se caracterizaba por una escasez de expertos en análisis de datos en IA capaces de traducir los avances tecnológicos en oportunidades de negocio (Telefónica Fundación, 2018). En este sentido, el BD había generado una nueva realidad, dado que mientras un número bajo de datos puede ser observado y analizado con técnicas convencionales, estos dejan de ser abordables cuando se analizan millones, a menos que se utilicen técnicas de IA (Ontiveros y López, 2019).

Con el objetivo de construir una economía de los datos capaz de aprovechar plenamente todo su potencial, la Comisión subrayó a principios de 2017, la necesidad de que cualquier acción de un Estado miembro que afectase al almacenamiento o al procesamiento, debería estar guiada por el principio de libre circulación de los datos en el interior de la UE (COM/2017/9). En este sentido, el Comité Económico y Social Europeo recalca que lo que estaba en juego iba mucho más allá de las disposiciones jurídicas y prácticas, y que las competencias esenciales europeas deberían ajustarse urgentemente en el contexto del proceso de transformación del momento (2017/C 345/22). Advertía también, que Europa iba a la zaga en este ámbito estratégico, y que las empresas deberían adoptar una actitud proactiva para abrirse al creciente flujo de información y desarrollar su capacidad para procesar el BD. En consecuencia, construir la nueva economía requería de un nuevo marco jurídico que permitiera su uso en toda la cadena de valor para fines sociales, industriales y científicos.

El fundamento jurídico y técnico para la libre circulación de datos era la piedra angular del desarrollo de una economía digital amplia y sólida, por lo que «deben abolirse los obstáculos injustificados a la libre circulación de datos» (2017/C 345/22 sección 3.5). A la vez debía aplicarse una política industrial de homogenización, porque un mercado interior era incompatible con veintiocho políticas cada una con sus propios instrumentos, entornos legislativos y objetivos diferentes, razón por lo que era necesario solucionar el problema sin demora alguna. Efectivamente, con el Reglamento General de Protección de Datos de 2016 relativo a la protección de las personas físicas por el que toda la ciudadanía de la UE tiene derecho a la protección de datos de carácter personal que le conciernan, la Comisión había creado un marco jurídico para solucionar el posible problema de la confianza digital en la ciudadanía, condición *sine qua non* para el desarrollo de la economía de los datos. No obstante, el Reglamento solo es de aplicación para los datos de carácter personal y no afecta a los abiertos y del sector privado. Conviene aclarar que los datos abiertos se refieren a la información recopilada, producida o pagada por organismos públicos que puede ser libremente utilizada, modificada y compartida por cualquier persona, tanto para fines

comerciales como no comerciales. Se ha estimado un valor de entre 199.000 y 334.000 millones de euros en tamaño de mercado para los datos abiertos en 2025, y la creación de un número de puestos de trabajo, ya sean directos o indirectos, para casi dos millones de ciudadanos europeos (Capgemini, 2020b). Algunos ejemplos de este tipo de datos son: los derivados de la observación de la Tierra del programa Copernicus, los recursos lingüísticos, los datos científicos, de salud, financieros o de la digitalización de los bienes culturales (COM/2014/442). Asimismo, los datos abiertos de las administraciones públicas favorecen la circulación de la información no solo para los agentes económicos, sino también y principalmente para el público (GVA, 2020).

Así pues, se hacía necesario normalizar jurídicamente todos los datos de tipo no personal porque tienen unas peculiaridades diferentes a los de tipo personal, motivo por el que la Comisión presentó una serie de medidas y orientaciones que establecían los principios de intercambio en los ámbitos público y privado del espacio común europeo de datos, aspectos que analizaremos a continuación. En otras palabras, unas líneas de actuación que no afectaban a los de carácter personal sino que los complementaba, partiendo de la premisa de que los datos son la materia prima del Mercado Único Digital, y su uso inteligente tiene un efecto transformador en todos los sectores de la economía y el sector público (COM/2018/232). Por ejemplo, el análisis de datos actualizados sobre el clima o la humedad del suelo puede ayudar en el sector agrario a maximizar la producción de cultivos, y en la industria manufacturera los recolectados por los sensores en tiempo real favorecen el mantenimiento predictivo. Igualmente, compartir información de las investigaciones sobre los brotes de epidemias y pandemias puede hacer avanzar más rápidamente la investigación en este ámbito y contribuir a una respuesta más eficaz.

8.3) Ámbitos privados y públicos con el big data

El paso primordial para hacer realidad la economía de los datos se dio con una propuesta de la Comisión de abril de 2018 para crear un espacio común europeo de datos mediante tres directrices: la primera dirigida a la revisión de la directiva sobre la reutilización de la información del sector público; la segunda, a la actualización de la Recomendación sobre el acceso a la información científica; y la tercera, a unas orientaciones sobre el intercambio de datos del sector privado³ (COM/2018/232).

La propuesta presentaba medidas para facilitar a las empresas y el sector público el acceso a los datos no personales procedentes de diferentes fuentes, sectores y disciplinas en la UE. Incidía, por una parte, sobre aquellos de carácter abierto referidos a los datos públicos y los financiados por el sector público, así como al acceso y conservación de la información científica; por otra, sobre los datos (no abiertos) de intercambio entre empresas privadas o B2B; y por último, sobre el acceso a los del sector privado con fines de interés público o de intercambio entre empresas y administraciones públicas o B2G (COM/2018/232).

En cuanto a los datos públicos y a los financiados por el sector público, estos pueden utilizarse como base para una amplia gama de productos y servicios, por lo que el acceso a la información del sector público constituye uno de los principios esenciales de un espacio común europeo de datos⁴. En este sentido, la Comisión aseguró que seguiría apoyando el despliegue completo de una infraestructura abierta para el Portal Europeo de Datos que recopila metadatos a partir de información del sector público de los distintos países europeos (PED, 2019), que se completaría con el Portal de Datos Abiertos de la UE para

³ Las tres directrices se corresponden con los documentos: (COM/2018/234), C(2018) 2375 y SWD(2018) 125 respectivamente.

⁴ Un ejemplo de utilización es la aplicación iMar que utiliza información publicada por puertos españoles estatales y la combina con pronósticos de viento facilitados por los servicios meteorológicos. Gracias a ello, los usuarios de la aplicación reciben tanto información en tiempo real como previsiones de navegación que permitan preparar el viaje por mar con mayor seguridad (COM/2018/232).

ofrecer acceso a los datos abiertos de las instituciones y otros órganos (PDA, 2019). En cuanto al acceso y conservación científica, se considera que la ciencia abierta (Open Science) constituye un elemento fundamental de empuje a los avances científicos y tecnológicos para beneficiar a la sociedad. En este sentido, la ciencia abierta respalda que los procesos de investigación realizados por cualquier tipo de investigador (incluidos los científicos voluntarios) estén abiertos en todas las fases, desde la concepción de los proyectos, las metodologías y los flujos de trabajo, hasta la difusión de los resultados. Así, la investigación puede basarse más fácilmente en investigaciones previas realizadas, pues a menudo, los datos procedentes de la investigación financiada con fondos públicos no siempre se ofrecen en modo abierto (COM/2016/178). De esta manera aumentaría la calidad, se evitaría la duplicación y se facilitaría la reutilización, lo que en definitiva refuerza la repercusión de la ciencia en la sociedad. Un buen ejemplo son los datos procedentes de los satélites Sentinel que permiten supervisar en tiempo real los recursos hídricos naturales para prevenir las sequías y la contaminación (Eumetsat, 2017) (Copernicus, 2020). La Comisión también respalda el desarrollo de herramientas y servicios que apoyen la ciencia abierta mediante la financiación con fondos Horizonte 2020 de un portal paneuropeo dedicado a la Nube Europea de la Ciencia Abierta (EOSC, 2019). Dicho portal se sustentará en la Infraestructura Europea de Datos y aspira a que los científicos europeos puedan aprovechar plenamente las ventajas de la ciencia impulsada por los datos en los campos de la ciencia y la tecnología.

El intercambio de empresa a empresa (B2B) viene motivado por el Dictamen del Comité Económico y Social Europeo referido a la construcción de una economía de los datos europea, en donde se plantean una serie de cuestiones sobre el creciente flujo y cantidad de datos y cómo las empresas deben desarrollar su capacidad para procesar el BD (2017/C 345/22). Con estos antecedentes, la Comisión consideró importante reconocer que los datos pueden reutilizarse sin merma de calidad, y en muchos casos, sin pérdida de ventaja competitiva, dado que pueden apoyar o mejorar diversos productos o servicios, como así ocurre con la puesta a disposición de aquellos pertinentes para entrenar las aplicaciones de IA, que representa uno de los principales retos de Europa (COM/2018/232). Asimismo,

considera que a fin de garantizar mercados equitativos y competitivos para los objetos del Internet de las Cosas y para productos y servicios que dependan de datos no personales generados por máquinas sensorizadas, en los acuerdos contractuales deben respetarse los principios fundamentales de transparencia, creación de valor compartido, respeto de los intereses comerciales de las partes, garantía de una competencia no falseada, y bloqueo mínimo de los datos. En otras palabras, las empresas que ofrezcan un producto o servicio generador de datos como subproductos deberían permitir y facilitar su portabilidad en la medida de lo posible, por ejemplo, aquellos producidos por robots durante los procesos de fabricación que puedan ser útiles para prestar los servicios posventa de reparación y mantenimiento, o aquellos sobre la calificación de los proveedores de servicios.

Con respecto al B2G (Business to Government, por sus siglas en inglés), los datos en poder de empresas como las operadoras de telefonía, las plataformas en línea, los fabricantes de automóviles, los minoristas o los medios sociales, resultan de vital importancia para la economía de los datos. Merced a su utilización, es posible reaccionar de forma más precisa para mejorar la seguridad vial, la gestión del tráfico o la planificación urbana⁵. La Comisión establece que la observancia de unos principios esenciales podría facilitar el suministro de datos del sector privado a los organismos del sector público en condiciones de reutilización preferentes, como la adecuación y pertinencia para los fines de interés público, y que la colaboración entre empresas y administraciones públicas debe garantizar el respeto de los intereses legítimos, en particular la protección de los secretos comerciales (COM/2018/232).

⁵ Un caso cercano lo encontramos en noviembre de 2019 cuando el Instituto Nacional de Estadística (INE) hizo durante cuatro días consecutivos, del lunes 18 al jueves 21, una operación de seguimiento de teléfonos móviles para conocer con exactitud los hábitos de movilidad de la ciudadanía en las ciudades. El objetivo fue recabar datos para analizar sus movimientos y tomar decisiones, por ejemplo, para actuar sobre las zonas más concurridas de una población. El INE aseguró que los datos, que fueron comprados a tres grandes operadoras de telefonía (Vodafone, Movistar y Orange), serían anonimizados, es decir, sin ninguna vinculación al número móvil de los abonados, de manera que el INE recibió las posiciones agregadas de los números, pero no los titulares de las líneas (El País, 2019).

Las anteriores directrices de la Comisión fueron abordadas unos meses después en el Reglamento del Parlamento y del Consejo relativo al movimiento de los datos no personales en el Espacio Económico Europeo. Materia que desarrollaremos más adelante, y en donde inspeccionaremos si las actitudes soberanistas defensivas de los Estados miembros fueron un obstáculo para la economía de los datos europea.

Características y síntesis

Los datos son un activo estratégico en todos los ámbitos de los grandes sistemas técnicos informacional y transaccional del BD en el Mercado Único Digital. Un Mercado que se encuentra sensiblemente rezagado respecto de potencias globales como Estados Unidos y China. Los elementos clave son los siguientes:

- La economía digital europea había sido lenta a la hora de adoptar la economía de los datos. Las causas se encontraban en la alta complejidad y disparidad de los marcos jurídicos de los Estados miembros, que junto con el acceso insuficiente tanto al BD debido a las restricciones de libre circulación de datos en el Espacio Económico Europeo como a la insuficiente supercomputación en la nube, creaban barreras jurídicas y tecnológicas de entrada a las pymes y frenaban la innovación.
- Se estima que el valor económico de la economía de los datos en la UE ascendía a 257.000 millones de euros en 2014 y en condiciones de alto crecimiento podría alcanzar los 739.000 millones de euros en 2020. Se constata la escasez en Europa de profesionales en análisis de datos en IA [*AI data scientists*]. En 2016 la UE contaba con 254.850 empresas de datos, cifra que continuó aumentando y que podría llegar a 360.000 en 2020 en condiciones de crecimiento anual del 8,9%.
- La política europea fomenta la investigación de la ciencia abierta, por ejemplo, con la financiación de un portal paneuropeo dedicado a la Nube Europea de la Ciencia Abierta, es decir, se innova en el modo de abordar la I+D+i.
- En 2018 la Comisión presentó unas orientaciones que establecían los principios de intercambio en los ámbitos público y privado del espacio común europeo de datos que culminaron con el Reglamento sobre datos no personales.

La economía de los datos se enclava en los ámbitos del sector público y privado, así como en el intercambio de datos entre empresas y administraciones públicas, y en el acceso abierto y la conservación de la información científica y técnica financiada con fondos públicos. A modo reactivo, la Comisión llamó la atención sobre la dilación de la UE y estimó necesario elaborar unas directrices para recuperar el tiempo perdido, dado que se encontraba sensiblemente rezagada respecto de otras potencias. Así las cosas, el Comité Económico y Social Europeo sugería soluciones como la libre circulación de datos en el Espacio Económico Europeo y la homogenización de las normas que facilitarían la cooperación entre empresas e instituciones. Ambas soluciones se sustanciarían en 2018 con el Reglamento sobre datos no personales y el impulso a la Nube Europea de la Ciencia Abierta lanzada oficialmente en noviembre de 2018 con la firma de la Declaración de Viena, que expresa la voluntad conjunta de los Estados miembros de trabajar hacia la implementación de la nube.

En definitiva, desde Europa se ha apostado decididamente por dar un fuerte impulso a la economía de los datos con el objetivo de mejorar la competitividad de las empresas y el desarrollo digital del sector público y las instituciones académicas. Una economía que persigue de cerca y con determinación la estela norteamericana y china, pero que no obstante, puede verse muy favorecida por el sistema técnico operacional de la robótica convencional y autónoma, tal como veremos a continuación.

9) EL CONTEXTO INTERNACIONAL: CHINA, EEUU y UE

LA UNIÓN EUROPEA APUNTA A UN ESTILO ECONÓMICO basado en la competitividad empresarial y la voz ciudadana, mientras que los Estados Unidos se muestran más cómodos en las prácticas empresariales de las grandes corporaciones que, en ocasiones, son acusadas de conductas monopolísticas. Por su parte, China persigue desbancar a los norteamericanos ayudando a sus *campeones nacionales* en el desarrollo de la IA. Tanto norteamericanos como asiáticos lideran la innovación de los grandes sistemas técnicos informacional y transaccional de la economía de los datos, mas ¿ocurre lo mismo con el sistema técnico operacional de la robótica autónoma? ¿Influye la competitividad entre las tres potencias en la aceleración del cambio tecnológico?

9.1) El cambio tecnológico se acelera

El ritmo del cambio tecnológico se ha acelerado en todo el mundo, dado que las tecnologías más nuevas se difunden con más rapidez que las antiguas. Si ordenamos el progreso tecnológico que ha acontecido desde el siglo XIX en grandes oleadas de tecnologías de propósito general (cambios que transforman tanto la vida de los hogares como la forma en que las instituciones y las empresas llevan a cabo sus tareas y negocios), se suele hablar de cuatro tecnologías: la máquina de vapor, la energía eléctrica, las tecnologías de la información, y por último la IA, que dieron lugar a innovaciones complementarias y crearon oportunidades para un progreso tecnológico continuado. En cada una de ellas, el tiempo entre el desarrollo y el uso generalizado fue disminuyendo progresivamente, y aun cuando los retrasos medios son difíciles de medir con precisión, no sería una simplificación excesiva decir que se han reducido a la mitad con cada oleada tecnológica. El periodo temporal se redujo de unos ochenta años para la máquina de vapor a cuarenta para la electricidad, y luego a unos veinte para las tecnologías de la información (Gill *et al.*, 2020).

Hay razones para afirmar que el desfase entre el desarrollo y el uso generalizado de las tecnologías relacionadas con la IA puede situarse alrededor de unos diez años (Bal y Gill, 2020). Una cifra que nos parece muy aceptable y que advierte que los cambios tecnológicos, políticos, industriales, médicos, económicos, jurídicos y éticos que pueden producirse en la próxima década, serían aún más trascendentales que los ocurridos en las tecnologías de propósito general anteriores, debido a los enormes esfuerzos realizados en investigación y desarrollo. De hecho, según la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO), entre 2013 y 2017 el número de solicitudes de patentes presentadas anualmente crecieron de forma sostenida y se produjo un auge de publicaciones científicas (ONU, 2019) (WIPO, 2019). La técnica más extendida relacionada con la IA incluida en más de un tercio de las patentes registradas es el aprendizaje automático mediante redes neuronales artificiales, que está sirviendo para revolucionar las traducciones automáticas de lenguajes en las instituciones de la UE, tal y como hemos comprobado en el capítulo 5. La aplicación de IA

más popular mencionada en la mitad de todas las solicitudes de registros es la capacidad de visión computarizada que incluye el reconocimiento de imágenes para los vehículos autónomos. Por su parte, las patentes para métodos de control que gestionan el comportamiento de dispositivos como los brazos robóticos, aumentaron más de un 300% entre 2013 y 2016, y sobre cirugía robótica y personalización de los tratamientos tuvieron una tasa media anual de crecimiento del 12%.

En un contexto general, Estados Unidos y China lideran tanto el número de registros de IA como de publicaciones científicas, estando el primero por delante de otras regiones en cuanto a la actividad de patentar (ONU, 2019). Sin embargo, entre las instituciones de investigación más prestigiosas del mundo en materia de IA, la mayor proporción corresponde a Europa: treinta y dos instituciones entre las cien mejores a nivel mundial en cuanto a citas de trabajos de investigación, frente a treinta de los Estados Unidos y quince de China. Cabe también señalar que el Centro Alemán de Investigación sobre IA (DFKI) fundado en 1988 es uno de los mayores en este ámbito a nivel mundial (Atómico, 2017).

Europa tiene investigadores de clase mundial, laboratorios y startups en el campo de IA. La UE también es fuerte en robótica y líder mundial en transporte, atención médica y sectores manufactureros que necesitan desarrollar y adoptar innovaciones tecnológicas para mantener y mejorar la competitividad. Sin embargo, la feroz competencia internacional requiere acciones coordinadas para que la UE esté a la vanguardia en su desarrollo y uso (WIPO, 2019). Con este propósito, y como ya subrayamos en capítulos anteriores, la Comisión Europea lanzó en 2018 la estrategia «AI Made in Europe» que persigue de forma coordinada con los Estados miembros lograr una industria digitalizada, inteligente, innovadora y sostenible.

9.2) Principales estrategias I+D+i

China

China es relativamente débil en cuanto a innovación y su sector productivo industrial no está sustentado en general en la alta tecnología, aunque va escalando posiciones en el Índice Mundial de Innovación que proporciona indicadores detallados de los resultados en 129 países. Actualmente se encuentra en el puesto número catorce del ranking por detrás de Suecia, Estados Unidos, Países Bajos, Reino Unido, Finlandia, Alemania, Dinamarca e Irlanda, y por delante de Francia, Noruega, Austria, Bélgica y Estonia (GII-rankings, 2019).

La mejora progresiva en innovación en el país asiático viene de la mano del apoyo tecnológico a sus empresas por un gobierno que quiere ser líder en IA. El amplio apoyo estatal a las empresas para ampliar el uso de la tecnología de la información y digitalizar la fabricación se ve impulsado por el apoyo de los gobiernos locales y regionales (MERICS, 2016). El Gobierno chino siguió inicialmente un enfoque de no intervención en la digitalización que permitió la experimentación por parte de los principales actores de las telecomunicaciones, pero ahora está apoyando activamente la digitalización y la construcción de la infraestructura digital, no solo como desarrollador sino también como consumidor. El gobierno ha puesto mucho empeño en invertir en capacidades de IA, que sumado a la abundancia de datos de los que dispone, ofrece a China una clara ventaja competitiva para sus industrias de IA (McKinsey, 2017a).

En este sentido, las grandes empresas como la plataforma comercial Alibaba, el motor de búsquedas en internet Baidu y la industria de las comunicaciones y videojuegos Tencent, están desarrollando tecnologías de IA y financiando cerca de 120 compañías afines. Empresas, que además, han sido seleccionadas como *campeones nacionales* por el gobierno chino para desarrollar sectores específicos de la IA (Cave *et al.*, 2019). Podemos observar

que tales *campeones* están encuadrados dentro de las tecnologías de la economía de los datos, al igual que ocurre con las grandes empresas norteamericanas que analizaremos a continuación.

Asimismo, el gobierno chino que ha enfatizado el uso de la IA en áreas como la defensa y los automóviles autónomos, también ha promovido en gran medida su utilización en la atención médica (no menos de 130 empresas en China ya están aplicando IA específicamente en el sector de la medicina). En 2017, y en el marco de la estrategia transversal Made in China 2015¹ para transformar el país en una poderosa potencia de alta tecnología (ICEX, 2016), Beijing anunció el *Plan de desarrollo de la inteligencia artificial de próxima generación*, que considera la IA como una prioridad nacional y la principal fuerza impulsora de la modernización industrial y la transformación económica con la que ambiciona alcanzar el liderazgo mundial en 2030 (COM/2018/237). Por su parte, según el Centro de Información de la Red de Internet, con el *Plan Internet Plus* para promover el desarrollo de internet, China alcanzó en 2019 una tasa de penetración del 64,5% (Xinhua, 2020), bastante inferior a la UE, que oscila entre el 95% de los Estados miembros del norte de Europa y el 55% en países como Bulgaria y Rumania (Eurostat Statistics, 2020). El Plan impulsado por la computación en la nube² y la Ley de Ciberseguridad parece estar guiado por preocupaciones de seguridad nacional y estabilidad social.

¹ Made in China 2025 se basa en los objetivos del programa alemán *Industrie 4.0*. Se trata de un concepto totalmente novedoso en la economía y los procesos de fabricación chinos, que requiere un elevado nivel de coordinación entre los responsables políticos, los operadores económicos y las fuerzas innovadoras (2016/C 389/07) (MERICS, 2016).

² En la actualidad la nube pública está muy polarizada en cuatro plataformas. Tres americanas: Amazon Cloud, Microsoft Azure y Google Cloud, y una china: Ali Baba Cloud. En conjunto acaparan alrededor del 80% de los servicios de nube globales (véase Capítulo 3).

Estados Unidos

Estados Unidos lidera con los grandes sistemas técnicos informacional y transaccional de la IA la economía de los datos. Un buen ejemplo son las cuatro grandes tecnológicas de ámbito global conocidas como GAFA, acrónimo de Google, Apple, Facebook y Amazon, que cuenta con un volumen de negocios combinado de 468.000 millones de dólares estadounidenses y tiene un valor de mercado de 2,3 billones de dólares. Esta cifra iguala el valor de mercado de las cincuenta principales empresas del EURO STOXX, lo que destaca el gran poder de su economía de los datos con las plataformas digitales y empresas de BD (2017/C 345/22).

En este panorama, no resulta difícil inferir que muchas de las grandes decisiones económicas que afectan a todo el planeta referidas al BD se tomen en los despachos de Estados Unidos y, generalmente, sin tener en cuenta las legislaciones, reglamentos y costumbres de otros países en los que estas corporaciones realizan sus negocios. Esta observación sugiere que las compañías del tipo GAFA tienen un inmenso poder para manejar y manipular a la sociedad acorde a sus intereses económicos. Las cantidades masivas de datos recolectados sobre las personas, empresas e instituciones en las redes sociales, así como las compras de productos y servicios efectuados a través de internet en plataformas on-line, posibilitan la inferencia de patrones de comportamiento personales y predecir, a la par que infundir, conductas favorables a sus países, políticas y objetivos (Fogg, 2003), tal y como veremos más adelante con el caso Cambridge Analytica.

No obstante, algunas de las compañías GAFA se encuentran en procesos de investigación judicial en los propios Estados Unidos por prácticas monopolísticas. Los representantes del Partido Demócrata de la Cámara de Representantes investigan si Google, Amazon, Facebook y Apple habían ejercido y abusado de su poder empresarial y pidieron cambios más radicales en las leyes antimonopolio americanas. Dijeron que el Congreso debería considerar ilegalizar que los gigantes tecnológicos brinden un trato preferencial a sus propios productos, como hace Google con los resultados de sus búsquedas. Además, recomendaron restaurar la

competitividad mediante la división efectiva de las grandes corporaciones, controlando la concentración del mercado e interponiendo obstáculos para que absorban nuevas empresas (The New York Times, 2020).

Si bien los Estados Unidos no cuentan con una iniciativa global y centralizada equivalente a la oriental Made in China 2015, en los últimos años se ha observado un aumento de iniciativas políticas en materia de IA. Entre otras, en mayo de 2018 se estableció un Comité Selecto para asesorar y ayudar al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (NSTC), con el fin de mejorar la eficacia general de los esfuerzos federales de investigación y desarrollo de la IA (Bal y Gill, 2020). Pocos meses después, en septiembre de 2018, el gobierno federal creó la campaña *AI Next* de la Agencia de Investigación de Proyectos Avanzados de Defensa (DARPA, por sus siglas en inglés) con una inversión de más de dos mil millones de dólares, para desarrollar la próxima oleada de tecnologías y ser pioneros en la generación de algoritmos de IA que resuelvan, por ejemplo, el razonamiento de sentido común o computación cognitiva (Darpa, 2018). En febrero de 2019, se lanzó la Iniciativa Americana de IA para mejorar la investigación y el desarrollo de la tecnología, así como de la fuerza de trabajo y la participación internacional (Federal Register, 2019). La Iniciativa ordena a los organismos federales que adopten medidas para aumentar el liderazgo de los Estados Unidos en materia de IA, como por ejemplo, dar prioridad a la investigación y desarrollo de esta tecnología, poner a disposición de los investigadores y la industria recursos como los datos federales, y establecer orientaciones y normas para los diversos sectores. Asimismo, fomenta el liderazgo norteamericano al tiempo que trata de proteger las libertades civiles y la privacidad.

Unión Europea

La UE es una potencia en el sistema técnico operacional de la robótica. Produce más de un cuarto de todos los robots industriales y de servicios del mundo, y se sitúa a la vanguardia de la utilización de la IA en los procesos de fabricación, en los que el 51% de los mayores fabricantes aplican al menos un elemento de esta tecnología en sus operaciones, por delante de Japón con el 30%, de los Estados Unidos con el 28% y de China con el 11%, siendo liderado el ranking por Alemania en un 69%, seguido de Francia en un 47% y Gran Bretaña con un 33% (COM/2020/65) (Capgemini, 2019b).

El Comité Económico y Social Europeo recalca que la economía mundial se encuentra en un proceso de profunda transformación. Todas las industrias europeas, grandes y pequeñas, deben participar en este proceso en el que es necesario transformar las competencias esenciales relacionadas con la IA de manera más rápida y eficaz, y capacitar a todas las industrias para formar parte de este proceso (2017/C 345/22). Pocos meses después, la Comisión afirmó que la IA está contribuyendo a que el sector industrial resulte más eficiente y a que la fabricación vuelva a Europa, de suerte que esta tecnología sería la principal impulsora del crecimiento económico y productivo y contribuiría a la sostenibilidad de la base industrial europea (COM/2018/237). En efecto, los robots europeos convencionales y autónomos son tan eficientes como los chinos o americanos trabajando 24 horas al día los 365 días del año. En otras palabras, la automatización hace que los costes de la mano de obra pierdan relevancia en el proceso de decisión sobre dónde situar la producción.

Sin embargo, la inversión en I+D+i de la UE sigue siendo menor que en China y Estados Unidos. En 2016, se invirtieron alrededor de 2.400 a 3.200 millones de euros en IA, frente a los cerca de 12.100 a 18.600 millones en Estados Unidos, y 6.500 a 9.700 millones en Asia (McKinsey, 2017). La Comisión está dispuesta a aumentar las inversiones estableciendo el objetivo de alcanzar un monto entre sector público y privado combinados de 20.000 millones de euros en el período 2018-2020, e incrementar las inversiones de forma progresiva hasta

otros 20.000 millones de euros anuales en el transcurso de la próxima década con el Programa Marco Horizonte Europa (COM/2018/795 anexo). Inversiones que persiguen aumentar y maximizar los beneficios de la transformación digital en aspectos como la IA, la supercomputación y las competencias STEM³, las cuales deberían ayudar a potenciar una economía de datos próspera, promover la inclusión y garantizar la creación de valor (COM/2018/434). Por este motivo, la Comisión, a través de Horizonte 2020 (2014-2020) y Horizonte Europa (2021-2027) quiere que en 2023 la tecnología europea de la supercomputación esté en condiciones de competir a nivel mundial. Tanto es así, que la empresa tecnológica europea Atos producirá los supercomputadores PetaSC de 6 petaflops en Bulgaria y VEGA de 10,1 petaflops en Eslovenia. Asimismo, la UE con la iniciativa Quantum Flagship, en la que parece estar investigando Atos, pretende liderar a largo plazo las tecnologías cuánticas basadas en utilizar las propiedades atómicas de las partículas para procesar información (Atos, 2020), y se invertirán 1.000 millones de euros en la próxima década en el proyecto Quantum Flagship (Q_F, 2019).

La UE ha venido estableciendo desde 2013 con la estrategia Europa 2020 y la Agenda Digital, mecanismos para aumentar la competitividad en sectores críticos de la industria como los polos de innovación digital, los centros de excelencia en IA y las asociaciones público-privadas (AI-PPP). Además, con la estrategia «AI Made in Europe» se adoptaron una serie de medidas para fortalecer la industria, por ejemplo, intensificar las inversiones públicas y atraer las inversiones privadas, reforzar la investigación y la innovación en todos los sectores de la industria, acercar la IA a las pymes y usuarios potenciales, y fomentar la modernización de los sistemas de educación y formación para prepararse para las transformaciones sociales y económicas que originará, sin duda de ningún género, su despliegue.

Con esta estrategia, la UE marca el rumbo a seguir: aumentar la competitividad con las tecnologías de IA, RA y BD, satisfacer las aspiraciones de la ciudadanía y responder a las

³ Competencias STEM, acrónimo de los términos en inglés Science, Technology, Engineering and Mathematics (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas).

necesidades de la sociedad edificando una IA centrada en el ser humano. A este respecto, la UE ha legislado sobre el BD con los Reglamentos sobre los datos personales y sobre los datos no personales. Aspectos jurídicos que dan un fuerte impulso a la economía de los datos y al Mercado Único Digital que se quiere culminar en el año 2025. Todo este conjunto de medidas contribuiría a que el sector industrial resultara más eficiente y que la fabricación volviera a Europa (COM/2018/237).

En cuanto a la robótica, el objetivo es fortalecer la competitividad y proporcionar liderazgo industrial para fabricantes, proveedores y usuarios finales de tecnología, así como promover una adopción más amplia para uso profesional y privado. Solo la asociación público-privada SPARC gestiona proyectos que suponen cerca de 3.000 millones de euros para el desarrollo de robots convencionales y autónomos de uso civil en los campos de fabricación, agricultura, sanidad, transporte, seguridad civil y sector doméstico, con los que se pretende reforzar la posición de Europa en el mercado global de la robótica en 60.000 millones de euros al año a partir de 2020 (SPARC, 2018).

Consideramos importante señalar que la competitividad en el sistema técnico operacional como la robótica autónoma, supone una gran inversión en todo tipo de recursos, mientras que en los grandes sistemas técnicos informacional y transaccional ocurre todo lo contrario. Desarrollar o competir en un motor de búsqueda de internet, o una red social, o entrenar algoritmos de aprendizaje automático para diagnosticar enfermedades, o desplegar una plataforma digital para la venta de productos o servicios, es relativamente mucho más rápido y menos costoso que competir en la fabricación de robótica autónoma contra las empresas de robótica convencional ya establecidas y consolidadas, lo que proporciona a la UE una ventaja competitiva y una barrera a la entrada de nuevos competidores internacionales.

9.3) Rasgos tecnológicos

Algunos autores han comparado la posición de la IA en China, la Unión Europea y los Estados Unidos utilizando seis medidas: talento, investigación, desarrollo, adopción, datos y hardware (Castro *et al.*, 2019). Su análisis muestra que Estados Unidos es el líder en términos absolutos, China el segundo y la UE el tercero, aunque la UE con una tasa de penetración de internet superior. Sin embargo, la inmensa mayoría de estudios comparativos, como los de enfoque económico, no distinguen entre los tres grandes sistemas técnicos informacional, transaccional y operacional, razón por la que los análisis y resultados suelen estar decantados o sesgados hacia los dos primeros al eludir el operacional referido a la robótica convencional y autónoma. Por esta razón, resulta difícil alcanzar conclusiones fiables sobre la carrera tecnológica.

Entre las estrategias tecnológicas gubernamentales y los rasgos políticos y socioeconómicos que caracterizan a cada una de las tres grandes potencias mundiales, China es un sistema político totalitario, y en este sentido, tal como afirman algunos especialistas como Ramón López de Mántaras y José Dorronsoro: la IA se utiliza para la represión en China (El País Economía, 2019). En otras palabras, persiguen un control sobre la ciudadanía que trata de evitar la disidencia política mediante vigilancia masiva algorítmica a modo de un panóptico digital de control ubicuo de las personas⁴. Asimismo, la Alta Representante para Asuntos Exteriores de la Comisión, afirmaba en una Comunicación conjunta de marzo de 2019 al Parlamento, el Consejo Europeo y el Consejo, que si bien se reconocen progresos realizados

⁴ La noción de panóptico nació con el filósofo inglés Jeremy Bentham a finales del siglo XVIII. Sus ideas al respecto están diseminadas en multitud de textos tanto de su autoría como de otros escritores. El panóptico es un sistema de control relacionado con un procedimiento de observación total de las personas desde un espacio elevado preeminente (*de cómo ver sin ser visto*), aplicable al comportamiento de los presos en los centros penitenciarios. Posteriormente, esta noción de control visual ha sido objeto de reflexión y exposición en el siglo XX por filósofos y escritores como Michel Foucault (1976) con la biopolítica, George Orwell (1952) con las telepantallas y la policía del pensamiento, y más recientemente por el filósofo surcoreano Byung-Chul Han (2014) con la psicopolítica y el historiador Yuval Noah Harari (2017) con el dataísmo.

por China en materia de derechos económicos y sociales, en otros aspectos la situación de los derechos humanos se está deteriorando, especialmente en Xinjiang en lo que respecta a los derechos civiles y políticos, como así lo demuestra la continua represión contra abogados y defensores de los derechos humanos (JOIN/2019/5). Por su parte, Estados Unidos toma partido por unos rasgos tecnológicos de carácter economicista, dado que los norteamericanos conciben la IA, la RA y el BD como tecnologías que sirven principalmente para aumentar el beneficio económico de sus empresas. En este sentido, el gobierno estadounidense adopta de manera deliberada un enfoque de no injerencia en la iniciativa empresarial (Lee, 2020).

Parece como si los gobiernos actuales de China y Estados Unidos de 2019 apostaran por un *dejar hacer* a las grandes corporaciones que dominen en un mercado monopolista u oligopolista, al menos por el momento. Por su parte, la Comisión Europea se caracteriza por perfilar una sociedad que respete la libre competencia en una economía social de mercado, y los valores humanos y sociales expresados en la estrategia «AI Made in Europe». Una estrategia industrial y tecnológica en la que puede subsumirse un estilo tecnológico de la IA, la RA y el BD con rasgos diferentes a los que caracterizan a China y Estados Unidos, y que retomaremos más adelante con el que denominamos como Sistema Tecnológico Europeo Digital Avanzado (STEDA).

Características y síntesis

El relato tecnológico europeo relacionado con China y Estados Unidos se reconoce en el esfuerzo por fortalecer la economía con la transformación digital de la industria para que resulte más eficiente, y por lo tanto, para que contribuya a que las empresas ganen en eficiencia, se consoliden en Europa y la fabricación vuelva a casa. Los elementos clave son los siguientes:

- China es relativamente débil en cuanto a innovación y sus industrias no están bien sustentadas en la alta tecnología. Estados Unidos lidera la economía de los datos. La Unión Europea es una potencia mundial en robótica convencional lo que la posiciona satisfactoriamente con respecto a esos países para abordar la tecnología de la robótica autónoma.
- El cambio tecnológico se acelera en la ola de tecnologías de propósito general de la IA, dado que las tecnologías más nuevas tienden a difundirse con más rapidez que las antiguas.
- En un futuro próximo, la Unión incrementará las inversiones hasta los 20.000 millones de euros anuales en el transcurso de la próxima década con el Programa Marco Horizonte Europa que persigue aumentar y maximizar los beneficios de la transformación digital, potenciar una economía de datos próspera, promover la inclusión y garantizar la creación de valor.
- Se observa una correlación entre las estrategias tecnológicas gubernamentales y los rasgos políticos y socioeconómicos que caracterizan a cada una de las tres grandes potencias: grandes corporaciones en Estados Unidos, economía dirigida en China y economía social de mercado en la Unión Europea.

Lo más probable es que la competitividad entre las tres potencias sea uno de los factores de la aceleración del cambio tecnológico con respecto a las anteriores oleadas de tecnologías de propósito general. Por su parte, Estados Unidos y China lideran el desarrollo y la innovación en las tecnologías basadas en análisis y transacciones de datos, es decir, la economía de los datos, mientras que Europa es una potencia en la fabricación y uso de la robótica convencional, lo que la posiciona aventajadamente para abordar la innovación de la robótica autónoma. Asimismo, la UE se está pronunciando con estrategias industriales y tecnológicas y con reglamentaciones sobre datos para competir con solvencia contra las grandes corporaciones americanas y los *campeones nacionales* chinos, tanto desde la agilidad de las pymes y la robustez y eficiencia de las grandes empresas europeas, como de los valores humanos, sociales y ecológicos expresados en la estrategia «AI Made in Europe», una combinación ganadora para construir «Más Europa» reflejada en los marcos jurídico y ético, que analizamos a continuación.

10) LOS MARCOS JURÍDICOS

EL USO GENERALIZADO QUE SE PRETENDE HACER DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS requiere de la construcción de marcos jurídicos que regulen los usos y las consecuencias de las mismas, que en el caso de la UE se han plasmado tanto en el desarrollo de varias normativas que tratan de salvaguardar los derechos de los usuarios y de las organizaciones, como en directivas y reglamentos sobre la responsabilidad y los datos.

Sin embargo, no es un asunto trivial decidir si la IA, la RA y el BD son productos o máquinas, ni tampoco cuándo ni porqué esos artefactos tecnológicos se consideran defectuosos, así como quién es el responsable de los daños causados por un funcionamiento indeseado. Tales dificultades junto a la repercusión de los datos sobre las personas, las empresas y las instituciones públicas, llevaron a aprobar el Reglamento General de Protección de Datos relativo a la limitación en el tratamiento y circulación de datos personales, y el Reglamento para fomentar la libre circulación y localización de los datos no personales. Normas jurídicas que con los productos defectuosos y el sector de las máquinas estudiaremos a continuación. ¿Era suficiente el consentimiento personal para el tratamiento público de los datos personales? ¿Qué problemáticas resolvieron estas leyes? ¿Fueron las actitudes soberanistas defensivas de los Estados miembros un obstáculo para la economía de los datos?

10.1) Productos defectuosos y sector de las máquinas

La diversidad de leyes en los Estados miembros en materia de responsabilidad por los daños causados por productos defectuosos, llevó al Consejo en 1985 a promulgar una Directiva para homogeneizar las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de la Unión (85/374/CEE). De carácter general, afectaba a la circulación de mercancías y a la competitividad justa dentro del mercado común. Asimismo, podría favorecer la existencia de distintos grados de protección del consumidor frente a los daños causados a su salud o sus bienes por un producto defectuoso. El principio fundamental de la Directiva radica en que, considerando el criterio de la responsabilidad objetiva¹, el fabricante es el responsable del funcionamiento y de los daños causados por los productos defectuosos. Por su parte, el perjudicado por el mal funcionamiento del producto tiene derecho a un resarcimiento siempre que pueda probar tanto el defecto como el daño y la relación causal entre ambos, lo que se conoce como carga de la prueba. En cuanto al producto, se considera defectuoso cuando no ofrece la seguridad a la que una persona tiene legítimamente derecho, teniendo en cuenta todas las circunstancias, incluso su presentación y el uso que razonablemente pudiera esperarse del mismo en el momento que se puso en circulación en el mercado. En cuanto a los daños, se refieren tanto a los causados por muerte o lesiones corporales, como a los causados a una cosa que no sea el propio producto defectuoso y que ésta se destina al uso o consumo privado (85/374/CEE artículos 4, 6 y 9).

¹ La responsabilidad objetiva es aquella responsabilidad según la cual un sujeto responde de un hecho causado, aunque no haya tenido voluntad de realizarlo, ni haya actuado con imprudencia o negligencia (Derecho Penal, 2012). Constituye una herramienta sólida para la protección de los perjudicados. No obstante, existe una serie de circunstancias en las que la Directiva permite a los productores asumir ciertos riesgos calculados al comercializar productos innovadores. El productor no será responsable si puede demostrar que: i) el defecto no existía en el momento en que el producto se puso en circulación; ii) el defecto se debe a la conformidad con las normas dictadas por las autoridades públicas; o iii) el estado de los conocimientos tecnológicos en el momento en que se comercializó el producto imposibilitaba descubrir el defecto (COM/2018/246).

La Directiva del Consejo relativa a la responsabilidad por productos defectuosos, garantizó que los fabricantes asumieran la responsabilidad de tales productos con defecto frente a los consumidores. La Directiva resultó ser un instrumento audaz y moderno que requirió la introducción de importantes adaptaciones en los códigos civiles de los Estados miembros, como la noción de la responsabilidad objetiva de los productores. La UE y las normas en materia de seguridad de los productos evolucionaron, al igual que la economía y las tecnologías y muchos de los nuevos productos presentaban ciertas características que en la década de los ochenta del siglo XX eran considerados ciencia ficción.

Pareciera intuitivo que la Directiva de 1985 fuera de aplicación inmediata para los robots y softbots autónomos. Sin embargo, no resulta trivial definir ni enumerar los servicios que conllevan aparejadas las tecnologías digitales que incorporan IA. Es por esto que la Directiva no fue de aplicación directa en este ámbito tecnológico, dado que no es evidente en absoluto que la responsabilidad objetiva sea siempre del fabricante cuando los algoritmos de machine learning están presentes. De la misma manera, la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo de mayo de 2006 relativa al sector de las máquinas (2006/42/CE) tampoco se acomoda, y baste para ello una sola definición. En el artículo segundo se dice textualmente que una máquina es un conjunto de partes o componentes vinculados entre sí, de los cuales al menos uno es móvil, asociados para una aplicación determinada, provisto o destinado a estar dotado de un sistema de accionamiento distinto de la fuerza humana o animal.

Es decir, tanto la Directiva sobre productos defectuosos de 1985 como la relativa al sector de las máquinas de 2006, tratan de productos tangibles sin ningún tipo de inteligencia ni aprendizaje automático. Dicho de otro modo, el criterio de responsabilidad objetiva resulta de aplicación ambigua en el campo de los agentes artificiales que actúan racionalmente con autonomía, ya que estos pueden adaptar su comportamiento por ellos mismos analizando cómo el medio se ve afectado por sus acciones.

Así y todo, la Comisión solicitó un estudio que evaluara si la Directiva de 1985 seguía siendo eficaz en el 2018, y también si cumplía las exigencias de los nuevos avances tecnológicos que tienen que ver con la digitalización, el Internet de las Cosas, la IA, los sistemas autónomos y la ciberseguridad (COM/2018/246). El estudio realizado mediante encuestas, quedó reflejado en el documento de trabajo de los servicios de la Comisión del 7 de mayo de 2018, relativo a la responsabilidad por los daños causados por productos defectuosos (SWD(2018) 158). En él participaron 657 partes interesadas de casi todos los Estados miembros entre las que se incluyen: productores, importadores, proveedores y sus asociaciones profesionales, consumidores y organizaciones de consumidores, aseguradoras y federaciones de aseguradoras, expertos técnicos, así como las autoridades públicas y la sociedad civil, por ejemplo, comités de reflexión, empresas jurídicas y expertos legales.

Las conclusiones dejaron meridianamente clara la dificultad de la adaptación de la normativa para las tecnologías con IA: «La aplicación de la Directiva a los nuevos avances tecnológicos no es directa» (SWD(2018) 158 capítulo 4.1). Además, no hubo unanimidad entre las diferentes partes interesadas, de hecho, tanto los representantes de las autoridades públicas como de la sociedad civil y las asociaciones de consumidores, coincidían en que la Directiva no abordaba adecuadamente determinados aspectos relativos a los nuevos avances tecnológicos, mientras que las empresas se mostraban reacias a modificarla². Además, algunos de los conceptos que estaban claros en 1985, como productor, defecto y daño, ya no lo están tanto debido a las particularidades de la IA (COM/2018/246).

² Prácticamente la mitad de los representantes de las autoridades públicas y de la sociedad civil y casi todos los consumidores consideran que debería ampliarse el ámbito de aplicación de la Directiva a los nuevos avances tecnológicos y hallarse un punto de equilibrio entre la seguridad de los consumidores y la innovación, teniendo en cuenta que la distinción entre productos y servicios, y el concepto de «defecto», no son adecuados para estos avances. La mayoría de las empresas consideran que los componentes de aplicaciones, programas informáticos no integrados y el IoT son productos de conformidad con la Directiva, mientras que sus puntos de vista difieren respecto a si la responsabilidad se asigna de forma adecuada entre los distintos operadores.

La Resolución del Parlamento Europeo de 2017 sobre normas de derecho civil sobre robótica (2015/2103(INL)), en el artículo AD dedicado a la responsabilidad, considera que en el actual marco jurídico los robots autónomos no pueden ser considerados responsables de los actos u omisiones que causan daños a terceros. Además, las normas vigentes en materia de responsabilidad contemplan los casos en los que es posible atribuir la acción u omisión del robot a un agente humano concreto (como el fabricante, el operador, el propietario o el usuario), y en los que dicho agente podía haber previsto y evitado el comportamiento del robot que ocasionó los daños; y además, los fabricantes, los operadores, los propietarios o los usuarios podrían ser considerados objetivamente responsables de los actos u omisiones de los robots.

No obstante, la Resolución alude en el artículo 59f a la creación de una personalidad jurídica y electrónica específica para los robots, de forma que como mínimo los robots autónomos más complejos puedan ser considerados personas electrónicas responsables de reparar los daños que puedan causar, y posiblemente aplicar la personalidad electrónica a aquellos supuestos en los que los robots tomen decisiones autónomas inteligentes o interactúen con terceros de forma independiente. En este sentido, la noción de persona electrónica responsable parece acercarse al paradigma de la *Doctora Robot*.

Un buen ejemplo de robots autónomos lo encontramos en el transporte, es decir, aquel que puede abarcar todas las formas de movilidad de personas y acarreo de mercancías (automóviles, trenes, buques, transbordadores, aeronaves y drones, y todos lo que resulten del desarrollo y la innovación en este sector). En este sentido, en la Resolución sobre normas de derecho civil sobre robótica, el Parlamento consideró que el sector del automóvil es el que precisaba más urgentemente unas normas regulatorias que garanticen el desarrollo transfronterizo de los vehículos autónomos, con el fin de explotar plenamente su potencial económico y beneficiarse de los efectos positivos de las tendencias tecnológicas. La Resolución subraya que la fragmentación de los enfoques normativos podría obstaculizar la implantación de los sistemas de transporte autónomos y poner en peligro la competitividad

europea. Por otro lado, en el caso de una toma de control imprevista del vehículo, el tiempo de reacción del conductor tiene una importancia capital, y pide a las partes interesadas que prevean valores realistas que determinen los aspectos de seguridad y responsabilidad. Queremos resaltar la idea de toma imprevista del vehículo, esto es, aquella en que el coche autónomo toma una iniciativa no programada, y entonces, se plantea la siguiente cuestión: ¿Es responsable el fabricante o el propio vehículo? De tal magnitud es la posible repercusión de la autonomía robótica, que el Parlamento recoge la idea de establecer la trazabilidad e identificación de los robots lanzada por algunos estudiosos del tema (CPSR, 2015) y recomienda introducir un sistema de registro de robots autónomos, con unos criterios de clasificación todavía pendientes de decidir por la Comisión. Tanto el sistema de registro como el propio registro del robot deberían establecerse a escala de la UE, de manera que cubran el propio mercado interior. Además, deberían ser gestionados por una Agencia europea designada para la robótica y la IA (2015/2103(INL)).

En suma, las Directivas sobre responsabilidad por los daños causados por productos defectuosos y la relativa al sector de las máquinas, no es suficiente ni adecuada para abarcar la complejidad de las tecnologías digitales actuales como la IA y la RA. Una vez definida en 2019 por IA-HLEG (que es el grupo directivo de la Alianza Europea de la IA³) qué es la IA y la RA con sus principales capacidades y disciplinas científicas, uno de los problemas a solventar con urgencia será homogeneizar las normas de los Estados miembros sobre el transporte autónomo (AI-HLEG, 2019b). Mas, sobre todo, el problema principal se encuentra en abordar la problemática de la responsabilidad en cuanto a las acciones y omisiones de los robots inteligentes como entes autónomos.

³ La Alianza Europea de la IA (The European AI Alliance), es un foro de múltiples partes interesadas para participar en una discusión amplia y abierta de todos los aspectos del desarrollo de la IA y su impacto en la economía y la sociedad. Después de la primera Asamblea Europea de la Alianza de IA en junio de 2019, AI-HLEG entabló una mayor interacción con los miembros del foro, estableciendo las líneas para la futura formulación de políticas (CE, 2018c).

10.2) Reglamento sobre datos personales

El 27 de abril de 2016 el Parlamento Europeo y el Consejo aprobaron el Reglamento General de Protección de Datos (UE) 2016/679 (RGPD) relativo a las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y su circulación. Trata de infundir confianza en la sociedad y salvaguardar los derechos fundamentales con los valores de privacidad, protección, no discriminación y seguridad de las personas, puesto que el artículo 8.1 de la Carta de los Derechos Fundamentales de la UE (2012/C 326/02) y el artículo 16.1 del Tratado de Funcionamiento de la UE (2012/C 326/01) establecen que, «Toda persona tiene derecho a la protección de datos de carácter personal que le conciernan». Atendiendo a este principio, el Reglamento homogeniza la protección de los derechos y libertades fundamentales de las personas físicas en relación con las actividades de tratamiento de datos de carácter personal. Aplicable desde el 25 de mayo de 2018, es obligatorio en todos sus elementos y en cada Estado miembro, y afecta a todas las empresas e instituciones de la UE y de cualquier lugar del mundo que utilizan información personal de la ciudadanía europea.

Los datos personales están constituidos por toda la información acerca de una persona física que está identificada o que es potencialmente identificable. Sin embargo, hay que aclarar que los datos generados por máquinas o sensores pueden ser personales o no personales en función de si posibilitan la identificación de una persona mediante un identificador, por ejemplo, un nombre, un código de identificación, elementos de la identidad ya sea física, fisiológica, genética, psíquica, económica, cultural o social, en cuyo caso pueden considerarse personales, motivo por el cual es de aplicación toda la normativa RGPD hasta que los datos hayan sido totalmente anonimizados.

Hasta la entrada en vigor de este Reglamento, el derecho de protección de datos personales se basaba en un mero consentimiento personal. Sin embargo, desde la irrupción de las redes sociales y las plataformas comerciales, en la práctica venía dado casi por defecto. La sociedad no está dispuesta a renunciar al uso de las tecnologías de la comunicación, lo que lleva a

hacer inefectiva la garantía del consentimiento a menudo concedido de manera irreflexiva. Para Ricard Martínez (2014) es una falacia afirmar que se pueda obtener el consentimiento para tratar una infinita cantidad de datos, por lo que el consentimiento personal llega a pertenecer al ámbito residual; además, con los sistemas repartidos en la nube y la fragmentación de la información que es propio del BD, no es factible conocer la ubicación real de los datos, ni el tratamiento efectivo de los mismos, por lo que resulta muy difícil lograr un control por parte del interesado.

El RGPD prohíbe explícitamente el tratamiento de información personal que revele desde el origen étnico o racial, las opiniones políticas, las convicciones religiosas y filosóficas, la afiliación sindical y los datos genéticos y biométricos, hasta los concernientes a la salud y orientación sexual. Es de resaltar, que el interesado es uno de los pilares básicos del Reglamento en lo relativo a los derechos de acceso, rectificación, cancelación (olvido) y oposición (derechos ARCO⁴).

Según el código de buenas prácticas en el que participa la Agencia Española de Protección de Datos (AEPD, 2017), algunas de las aplicaciones de BD tienen finalidad estadística, que en ocasiones permiten tomar decisiones públicas o de negocio. Así, el RGPD define la finalidad estadística como cualquier operación de recogida y tratamiento de datos personales necesarios para la producción de resultados. Esta finalidad implica que el resultado del tratamiento con tales fines no produzca datos personales, sino agregados, y que ese resultado no se utilice para respaldar medidas o decisiones relativas a personas físicas

⁴ Acceso: El interesado tiene derecho a obtener copias de sus datos personales junto con los detalles principales sobre cómo se tratan. Rectificación: el interesado tiene el derecho a exigir la rectificación de sus datos personales, sin dilaciones indebidas y el derecho a completar los datos personales que sean incompletos. Cancelación: a suprimirlos cuando el tratamiento ya no sea necesario, el consentimiento sea revocado, los intereses legítimos ya no sean aplicables, el tratamiento sea ilegal, o la supresión se requiera por ley. Oposición: el interesado tiene derecho impedir tratamientos adicionales de datos personales cuando haya un conflicto en cuanto a su exactitud, cuando una oposición al tratamiento haya sido verificada, cuando el tratamiento sea ilegal y el interesado se oponga a la supresión, o cuando ya no sean requeridos por el responsable, pero el interesado los requiera para la defensa de reclamaciones.

concretas. También establece que los fines estadísticos no se considerarán incompatibles con los fines iniciales, si bien menciona que el responsable debe incluir garantías adecuadas en el tratamiento que aseguren que se aplican medidas técnicas y organizativas para garantizar que no se pueda identificar a los interesados. Lo mismo cabe decir de otras finalidades relacionadas con el BD, tales como la científica o de innovación donde se ofrece una regulación favorable en estos mismos términos.

El RGPD atañe a empresas que comercian con los datos privados de una manera ilícita. Por ejemplo, y relacionado con el BD, la compañía WhatsApp (adquirida en 2014 por Facebook) cedió información personal a la red social Facebook de Mark Zuckerberg sin el debido consentimiento válido de los interesados y realizó un tratamiento de datos sin autorización⁵, lo que acarrió una sanción económica (AEPD, 2018). El Reglamento General de Protección de Datos protege, pues, a las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la circulación de los mismos, tratando al mismo tiempo de armonizar la protección de los derechos y libertades fundamentales de las personas en relación con las actividades de tratamiento de datos de carácter personal. Dado que la normativa afecta a todas las empresas que utilizan información de ciudadanos europeos y a aquellas que ceden su información a otras de cualquier lugar del mundo, el Supervisor Europeo de Protección de Datos⁶ advertía en un resumen de un Dictamen sobre la manipulación en línea, que la inteligencia de datos y la IA han permitido recoger, combinar, analizar y conservar por tiempo indefinido ingentes volúmenes de información digitalizada (2018/C 233/06).

⁵ Por tratamiento de datos se entiende toda operación que se efectúe sobre datos o conjuntos de datos en formato electrónico, ya sea por procedimientos automatizados o no, como la recogida, registro, organización, estructuración, almacenamiento, adaptación o modificación, extracción, consulta, utilización, comunicación por transmisión, difusión o cualquier otra forma de puesta a disposición, cotejo o interconexión, limitación, supresión o destrucción ((UE) 2018/1807).

⁶ A veces, en el ejercicio de sus funciones, las instituciones y organismos de la UE manejan información personal de la ciudadanía. El cometido del Supervisor Europeo de Protección de Datos (SEPD) es defender el cumplimiento de las normas de protección de la intimidad que regulan esas actividades (SEPD, 2019).

En este sentido, durante los dos últimos decenios, el modelo de negocio dominante que ha emergido en la mayoría de los servicios prestados a través de internet, se basa en el seguimiento de las personas en línea y en la recogida de datos sobre el carácter, salud, relaciones, ideas y opiniones, con miras fundamentalmente a generar ingresos por publicidad digital o por la venta de los datos. Estos mercados se han concentrado en un reducido número de grandes empresas globales que actúan de hecho como guardianes de internet, y obtienen mayores valores de capitalización del mercado ajustados a la inflación que ninguna otra empresa en la historia. En este sentido y refiriéndose concretamente a las redes sociales en línea, el Supervisor Europeo de Protección de Datos advierte que: «El sistema recompensa el contenido sensacionalista y viral y, en general, no hace distinciones entre anunciantes, ya sean comerciales o políticos» (2018/C 233/06 pág. 8).

Asimismo, alude también el Supervisor, al hecho de la creciente preocupación frente a las revelaciones acerca de cómo se propaga deliberadamente la desinformación⁷ con el objetivo de manejar la opinión pública en torno a objetivos políticos. Un buen ejemplo de esta mala praxis es el que llevó a cabo la empresa Cambridge Analytica, una empresa de propiedad estadounidense con sede en Londres. Fue empleada tanto por la campaña del brexit (Vote Leave) como por la campaña Trump para influir en los resultados de las elecciones presidenciales norteamericanas de 2016. El sistema empleado se basó en la manipulación emocional automatizada de cada individuo que había sido identificado por los algoritmos de IA como potencialmente susceptible de decantar el resultado electoral en ciertos Estados a favor de la agenda política del presidente norteamericano Donald Trump (The Guardian, 2016). Este sistema de manejo de la voluntad *formidable* y aterrador, consiguió que al combinar la IA y el BD con ciertos modelos psicológicos diseñados *ad hoc* fueran capaces de, por ejemplo, identificar el género, la sexualidad, las creencias políticas y los rasgos de personalidad de un individuo basándose solamente en lo que le había gustado en la red social Facebook. Gustos y deseos ocultos en el subconsciente que una vez desvelados por

⁷ (Véase Anexo D).

los algoritmos fueron enseguida abordados por las técnicas psicológicas mediante propaganda política personalizada, adaptable y adictiva. El propósito final era evidente: manipular las opiniones, las creencias y los comportamientos personales a fin de reforzar o alterar el voto en los comicios electorales en favor de un candidato concreto (Anderson&Horvath, 2017). En sentido más amplio se trata de la tecnología persuasiva basada en el concepto denominado *captology* por el que se utilizan las tecnologías digitales para inducir comportamientos intencionales (Fogg, 2003).

Resulta llamativo, que a finales de la segunda década del siglo XXI las batallas mediáticas políticas ya no se libran únicamente en la prensa, la radio y la televisión, sino también en las redes sociales y los sistemas de mensajería digital (Facebook, Twitter, WhatsApp, etc.). Obviamente, estos fenómenos de desinformación infunden preocupación social y política. El hecho era que la integridad de las democracias pudiera estar amenazada por las oleadas desinformativas de carácter sistemático y quirúrgico en manos de empresas privadas o gobiernos con propensión autoritaria. En cualquier caso, parece esencial tratar de comprender cómo funcionan estas nuevas técnicas de manipulación, ya sea para entender el funcionamiento del poder político moderno, o para tratar de evitar la manipulación automatizada emocional. Aclaremos que esta manipulación, en efecto, se refiere al ámbito emocional, porque no se trata de intervenir en los razonamientos racionales, valga la redundancia, sino de los deseos y sentimientos irreflexivos que, en realidad, son los que dirigen o determinan en última instancia la voluntad de los individuos según los últimos descubrimientos neurocientíficos (JNeurosci, 2020).

10.3) Reglamento sobre datos no personales

Recordaremos que el Comité Económico y Social Europeo en su Dictamen de 2017 sobre la construcción de una economía de los datos europea, sugirió que el fundamento jurídico y técnico para la libre circulación de datos digitales en toda Europa era la piedra angular del desarrollo de una economía digital amplia y sólida, y debían abolirse los obstáculos injustificados a la libre circulación de datos.

Entre los ejemplos de esas reglamentaciones figuraban el requisito de supervisión financiera de Luxemburgo de que los datos de los clientes se almacenen y procesen localmente; las normas de Alemania de que todas las cuentas se almacenen en el país; las normas de contabilidad de las empresas de Bélgica, Finlandia, Suecia y el Reino Unido de que los registros financieros se almacenen en el país; la Ley de contabilidad de Dinamarca que exige que los registros financieros de las empresas se almacenen en Dinamarca o en uno de los países nórdicos; las estipulaciones generales sobre los registros públicos de Dinamarca, los Países Bajos, Suecia y el Reino Unido; y el Código de Comunicaciones Electrónicas enmendado de Francia que incluye una restricción territorial de que los sistemas de comunicaciones electrónicas deben instalarse y todos los datos deben procesarse en Francia (Ball y Gill, 2020).

En este panorama, y según el mismo Dictamen del Comité Económico y Social Europeo de 2017, las restricciones a la libre circulación de la información involucraba a Estados miembros: «La libre circulación de datos se ve seriamente obstaculizada por las actitudes defensivas de los Estados miembros [...] Las actitudes defensivas en los gobiernos y en las empresas de varios países respecto de los datos, tienden a reforzarse mutuamente» (2017/C 345/22 pág. 133). En efecto, parece ser que fueron las actitudes soberanistas defensivas de algunos Estados junto a algunas empresas, un obstáculo para la economía de los datos en la Unión Europea.

Por consiguiente se hacía necesario instaurar un marco jurídico claro, exhaustivo y previsible para el tratamiento homogéneo de datos que no tuvieran carácter personal. Tal marco es el Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo (UE) 2018/1807 de noviembre de 2018 relativo al movimiento de los datos no personales. Tiene por objeto garantizar la libre circulación de datos que no tengan carácter personal mediante el establecimiento de normas relativas a los requisitos de localización, la disponibilidad para las autoridades competentes, y la portabilidad de datos para los usuarios profesionales. Fue aplicable desde el 28 de mayo de 2019 en el Espacio Económico Europeo, y a más tardar, el 30 de mayo de 2021, los Estados miembros velarán para que se derogue cualquier requisito existente de localización de datos establecido en las disposiciones legales, reglamentarias o administrativas que no se ajuste a lo dispuesto en esta normativa europea.

En este sentido, el Reglamento estableció los principios de movimientos de datos en la UE, y además fundó las bases para desarrollar la economía de los datos europea y mejorar la competitividad de la industria, tal como hemos visto en capítulos anteriores. Un marco jurídico que eliminó los obstáculos existentes a la libre circulación de los datos no personales y de los servicios de tratamiento que establecían las legislaciones de los Estados miembros, de manera que permite que su localización pueda situarse en cualquier lugar del Espacio Económico Europeo. Asimismo, se creó un marco único de normas para todos los participantes en el mercado interior que facilitaba la cooperación entre empresas e instituciones. También se estableció que debe aplicarse a las personas físicas o jurídicas que presten servicios de tratamiento de datos a usuarios que residan o tengan un establecimiento europeo, incluidas aquellas que presten servicios aún sin tenerlo en la propia UE.

El Reglamento considera que la digitalización de la economía se está acelerando y que las TIC ya no son un sector específico sino el fundamento de todos los sistemas socioeconómicos innovadores modernos. Además, los datos electrónicos se encuentran en el centro de estos sistemas y pueden generar un gran valor cuando se analizan o combinan con servicios y

productos. Al mismo tiempo, el rápido desarrollo de la economía de los datos y las tecnologías emergentes, por ejemplo, la IA y los productos y servicios del IoT, están planteando problemas jurídicos nuevos tanto en torno a las cuestiones del acceso y su reutilización, como a la responsabilidad, la ética y la solidaridad. En consecuencia, se debería considerar trabajar el ámbito de la responsabilidad, en particular mediante la aplicación de códigos de autorregulación y otras prácticas teniendo en cuenta las recomendaciones, decisiones y acciones adoptadas sin interacción humana a lo largo de toda la cadena de valor del tratamiento de los datos. Es decir, la nueva economía basada en tecnología digital y en las nuevas fuentes de datos que abarca el periodo de la *Cuarta Revolución Industrial*, ha cambiado las reglas del juego sociales y económicas y obliga a adaptarse a ellas, tanto desde un punto de vista jurídico como de autorregulación mediante códigos y directrices éticas. Un ejemplo de esta autorregulación ética, es decir, de normas sin vinculación jurídica, son las directrices éticas para una IA fiable elaboradas por el Grupo de Expertos de Alto Nivel en IA (AI-HLEG, 2019a) que analizaremos más adelante.

Las nuevas fuentes de datos no personales se generan, por ejemplo, como resultado de su despliegue en procesos de producción industrial automatizada. Entre los ejemplos específicos se encuentran los agregados y anónimos para análisis a gran escala, así como los referidos a la agricultura de precisión que pueden ayudar a controlar y optimizar la utilización de plaguicidas y de agua, y aquellos sobre las necesidades de mantenimiento de máquinas industriales. Si los avances tecnológicos hicieran posible transformar los datos anónimos en personales, se deberían tratar como personales y en consecuencia aplicar el RGPD. Por su parte, el artículo segundo referido al ámbito de aplicación establece que en el caso de un conjunto de datos compuesto de personales y no personales (mixtos), el Reglamento se aplicará a los datos no personales del conjunto total, y cuando los datos personales y los no personales estén inextricablemente ligados, se aplicará sin perjuicio del RGPD. En cualquier caso, todo requisito de localización de datos debe cumplir el principio de proporcionalidad, es decir, las medidas que se impongan deben ser adecuadas para cumplir el fin perseguido (Jover, 2020).

Con el propósito de ayudar a los usuarios, especialmente a las pequeñas y medianas empresas a comprender la interacción entre el Reglamento de libre circulación de datos no personales y el RGPD, la Comisión emitió un Comunicado el 25 de mayo de 2019 al Parlamento Europeo y al Consejo acerca de orientaciones relativas a un marco para la libre circulación de datos no personales (COM/2019/250). El documento ofrece definiciones y ejemplos, y en él se recuerda que en una economía cada vez más basada en los datos, el movimiento de los mismos es esencial para las actividades comerciales de las empresas de todos los tamaños y sectores, y proporciona seguridad jurídica para que las empresas procesen sus datos en cualquier punto de la UE, lo que aumenta la confianza en los servicios de tratamiento y contrarresta las prácticas de dependencia de un solo proveedor. A su vez, el usuario tiene más donde elegir y se mejora la eficiencia al tiempo que se estimula la adopción de tecnologías en la nube (que es una morada especialmente atractiva para el big data), lo que genera ahorros significativos para las empresas⁸.

En suma, el Reglamento sobre datos no personales tiene por objeto garantizar su libre circulación mediante el establecimiento de normas relativas a los requisitos de su localización, de la disponibilidad de los mismos para las autoridades competentes y de la portabilidad para los usuarios profesionales. La norma viene a resolver las dificultades y obstáculos en la prestación de ciertos servicios que en ocasiones estaban obstaculizados o impedidos por determinados requisitos estatales, regionales o locales que exigían que los datos se localizaran en un territorio específico. Un buen ejemplo es la derogación de las leyes en los Estados por las que los datos de las empresas debían radicar necesariamente en estos mismos, de manera que, con este Reglamento los datos empresariales pueden estar alojados en cualquier infraestructura informática del Espacio Económico Europeo.

⁸ Un estudio demuestra que las empresas de la UE pueden ahorrar entre el 20% y el 50% de sus costes en tratamiento de información al migrar a la nube: Deloitte: Measuring the economic impact of cloud computing in Europe, SMART 2014/0031, 2016 (CE, 2016).

Características y síntesis

El relato tecnológico europeo relacionado con los marcos jurídicos relativos al BD, son que toda la ciudadanía de la Unión Europea tiene derecho a la protección de datos de carácter personal, y que deben abolirse en la UE los obstáculos injustificados a la libre circulación y localización de los datos de carácter no personal. Los elementos clave son los siguientes:

- Las Directivas sobre productos defectuosos de 1985 y sobre el sector de las máquinas de 2006, no eran de aplicación directa en el ámbito de las tecnologías con IA.
- Existe una normativa europea para regular las cuestiones concernientes al BD, tanto la referida a los datos personales de 2016 como a los no personales de 2018. Los Reglamentos sobre el BD aportan, por una parte, seguridad jurídica a la ciudadanía y las organizaciones con el RGPD, y por otra, eliminan los obstáculos a la libre circulación de datos de carácter no personal para potenciar la economía de los datos en el Espacio Económico Europeo.
- No existe normativa jurídica especial para regular las cuestiones que se plantean en relación a la responsabilidad de la IA (robots y softbots autónomos). En el marco jurídico actual estas tecnologías no son consideradas responsables de los actos u omisiones que causan daños a terceros, por lo cual, la falta de legislación específica sobre responsabilidad objetiva puede limitar el desarrollo de la IA, por ejemplo, en los ámbitos de los sistemas de conducción autónoma y la medicina digital.
- En 2018 se produce una invención conceptual radical expresada en un documento institucional del Parlamento Europeo: la personalidad jurídica específica de los robots autónomos (personas electrónicas) con responsabilidad de los daños que puedan causar.

El Reglamento General de Protección de Datos soluciona la problemática de la responsabilidad y la seguridad personal en el BD para infundir confianza en la sociedad con los valores de privacidad, protección, no discriminación y seguridad de las personas, porque el consentimiento personal no es suficiente para cumplir la garantía de los principios éticos europeos. Por otro lado, el Reglamento de datos no personales aporta las ventajas de ofrecer claridad y seguridad jurídica a la libre circulación y localización de los datos digitales no personales. Sin embargo, ninguno de ambos reglamentos abordó las cuestiones jurídicas referidas a la responsabilidad de la *Doctora Robot*, por lo que solo podemos concluir que existe un marco jurídico sobre el BD. Mientras tanto, podemos conducirnos por normas éticas.

11) EL MARCO ÉTICO

EL ARMAMENTO ROBÓTICO AUTÓNOMO fue uno de los factores que desencadenaron la atención sobre la IA a mediados de la segunda década del siglo XXI. En un breve espacio de tiempo surgieron iniciativas públicas y privadas como organizaciones, foros, cumbres globales y acuerdos estatales que proclamaban una ética en la que imperaban los principios de la autonomía humana y de hacer solo el bien. En 2019, el Grupo de Expertos de Alto Nivel en IA de la Comisión Europea propuso crear una cultura de IA fiable que garantizara el respeto a los valores de la Unión: una «IA fiable para Europa» ética y robusta concebida desde las directrices de la estrategia «AI Made in Europe». ¿Se trataron tanto las normativas éticas como las jurídicas? ¿Se abordó la responsabilidad de la *Doctora Robot*?

11.1) Good AI Society

El dilema digital refleja las tensiones entre lo que es técnicamente posible digitalizar y robotizar y el mundo real de lo permitido. En este sentido se mueven los *robots asesinos*. El Comité Económico y Social Europeo se pronunció en mayo de 2017 con un Dictamen de iniciativa sobre las consecuencias del armamento equipado con IA. El Comité participó y apoyó el llamamiento de Human Rights Watch (HRW, 2019) y otras organizaciones como Future of Life Institute (FLI, 2014), para prohibir este tipo de armamento y evitar una posible escalada del uso de la IA en las armas letales autónomas. Un buen ejemplo podrían ser los mencionados robots asesinos con capacidad para decidir quién vive o quien muere en el campo de batalla. Consideraba también que esta prohibición debería volver a examinarse: «El CESE [Comité Económico y Social Europeo] apoya el llamamiento de Human Rights Watch y otras organizaciones para que se prohíban las armas autónomas. A este respecto, celebra el acuerdo anunciado por las Naciones Unidas, pero opina que debería extenderse también a las aplicaciones de la IA en el ámbito de la ciberguerra» (2017/C 288/01 pág. 3).

Sin embargo, lo anterior no impide que la Comisión advirtiera que para hacer frente a futuras amenazas, Europa debía potenciar su autonomía estratégica defensiva. Es por esto que se pretendía poner en marcha un Fondo Europeo de Defensa en el que se involucrase a la industria, de manera que, a través de un programa específico se prestara apoyo a este sector en la fase de desarrollo para las inversiones colectivas en productos y tecnología de vanguardia. El programa podría apoyar también la transferencia de innovaciones comerciales a futuros proyectos de defensa relativos a IA, BD, supercomputación y ciberdefensa¹ (COM/2017/295).

¹ La ciberdefensa se refiere a los sistemas de seguridad y protección de los archivos de datos almacenados en sistemas informáticos ante ciberataques. La seguridad de la tecnología de la información es conocida como ciberseguridad. En 2004, se creó la Agencia de la UE para la Ciberseguridad (ENISA), la cual contribuye en la política europea de ciberseguridad (Enisa, 2020).

Ahora bien, ya sea en la ciberguerra, en la superinteligencia de las máquinas o en otros factores en los que se relacione el humano con el robot, anida la idea de la roboética. Se trata de un campo de investigación interdisciplinario situado entre la intersección de la ética aplicada y la robótica autónoma, que estudia y trata de entender y regular sus implicaciones éticas y sus consecuencias (Tzafestas, 2009). El término fue acuñado por Gianmarco Veruggio (2005) como una ética aplicada cuyo objetivo es el desarrollo científico, cultural y técnico de herramientas que pueden ser compartidas por diferentes grupos sociales y diferentes creencias. Estas herramientas tienen el objetivo de promover y fomentar el desarrollo de la robótica autónoma para el avance de la sociedad humana y para ayudar a prevenir su uso indebido contra la humanidad. En otras palabras, se trata tanto de una confluencia de las tecnologías y las humanidades y de los marcos legal, social y económico, como de la evaluación comparativa y estandarización de los sistemas robóticos. La roboética involucra tres niveles: la teoría o teorías éticas adoptadas (deontológicas, consecuencialistas, etc.), el código de ética incrustado en el robot inteligente (machine ethics) y la moralidad subjetiva resultante de la selección autónoma de acciones éticas por parte del robot equipado con autonomía o consciencia (Veruggio, *et al.*, 2011).

La cuestión es que desde 2016 en que el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos publicara su primer documento borrador sobre el diseño éticamente alineado (IEEE, 2016), el interés por la ética en la IA, la RA y el BD se ha generalizado y acrecentado. Tanto es así, que desde el año 2017 se celebran cumbres anuales denominadas *AI for Good Global Summit* que aportan declaraciones sobre aspectos éticos y de apoyo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS), para resolver los grandes desafíos de la humanidad a través de la innovación en IA. Declaraciones que son asumidas por compañías globales de la tecnología, tal y como sucede con la norteamericana Microsoft que asegura incorporar en sus desarrollos de IA los principios de imparcialidad, confiabilidad, privacidad, inclusión, transparencia y responsabilidad (AI for Good, 2017) (Microsoft, 2019).

En realidad, este tipo de afirmaciones se sustentan en la confianza que los grupos de interés puedan depositar en las empresas. Una confianza gestada en las prácticas éticas y de responsabilidad social corporativa que las organizaciones hayan demostrado asiduamente a lo largo del tiempo. Y deberá continuar siendo así, a menos que los códigos jurídicos o éticos estén embebidos o incrustados en los sistemas equipados con algoritmos de IA desde el diseño técnico. Para García-Marzá (2011), la ética empresarial se ocupa de establecer las condiciones procedimentales desde las que es posible definir y delimitar la legitimidad empresarial. A partir de estas condiciones, la ética es la encargada de presentar los criterios de validez moral, es decir, los criterios de lo que es correcto, justo o moral en el ámbito de la empresa. Por su parte, la responsabilidad social corporativa define el conjunto de acciones, decisiones y políticas que conforman la respuesta que ofrece la empresa ante las demandas y exigencias de sus correspondientes grupos de interés, esto es, concreta el grado de aproximación y compromiso con el horizonte ético del diálogo y el acuerdo posible, aspectos que constituyen las bases éticas de la confianza entre las partes interesadas.

En este sentido, en febrero de 2018, fue constituida la iniciativa ética AI4People por el Atomium-European Institute for Science, Media and Democracy (EISMD), que diseñada como un foro de múltiples partes interesadas², reúne a los actores con interés en dar forma al impacto social de las nuevas aplicaciones de IA (la Comisión y el Parlamento Europeo, las organizaciones de la sociedad civil, la industria y los medios de comunicación). Iniciativas de este tipo propiciaron la firma en abril de 2018 de una Declaración de Cooperación de veinticinco países europeos decididos a aunar fuerzas y participar en un enfoque conjunto (CE, 2018b). Acordaron trabajar en los temas más importantes planteados por la IA, desde

² Aglutina a las principales universidades, medios de comunicación, empresas, gobiernos y formuladores de políticas europeos para aumentar el intercambio de información y la colaboración interdisciplinaria, desarrollar iniciativas innovadoras de colaboración y fomentar el pensamiento fronterizo sobre ciencia, medios y democracia. Tiene como objetivo fomentar la comprensión de los políticos, los encargados de formular políticas y los líderes de opinión sobre el importante papel y las actividades de las universidades intensivas en investigación (Atomium-EISMD, 2020).

asegurar la competitividad de Europa en la investigación y su despliegue, hasta abordar cuestiones sociales, económicas, éticas y legales.

Con una hoja de ruta de tres años, AI4People trata de crear un espacio público común para establecer los principios, políticas y prácticas fundacionales sobre los que construir una *buen sociedad de IA* (Good AI Society). El primer año de actividad de AI4People culminó con la presentación en noviembre de 2018 de un Dictamen (Atomium-EISMD, 2019), en el que se propusieron cinco principios bioéticos que requieren para su interpretación de la combinación de diferentes puntos de vista:

- **Beneficencia:** promover el bienestar, preservar la dignidad y mantener el planeta. Un buen ejemplo son los Principios Asilomar del Future of Life Institute (instituto de investigación que trabaja sobre los riesgos existenciales generales) que abogan por una IA que debería desarrollarse para el bien común y el beneficio de la humanidad (FLI, 2017b). Del mismo modo, el European Group on Ethics in Science and New Technologies (EGE) que, recordemos, es un grupo consultivo creado en 1991 que asesora sobre los aspectos de las políticas de la Comisión en cuestiones de derechos éticos, sociales y fundamentales, enfatiza los principios de dignidad humana y sostenibilidad (EGE, 2018). En esencia el concepto de beneficencia significa: hacer solo el bien.
- **No maleficencia:** privacidad, seguridad y precaución de capacidad. También existen varias interpretaciones. Future of Life Institute, cita las amenazas de una carrera armamentística y la necesidad del principio de precaución en torno a límites superiores en las capacidades futuras de la IA. El EGE la interpreta como responsabilidad. En esencia, no maleficencia significa: no hacer daño.
- **Autonomía:** el poder de decidir del humano. Future of Life Institute apoya el principio de autonomía humana, en la medida en que las personas deberían elegir cómo, y si quieren delegar decisiones a los sistemas autónomos. El EGE argumenta que los sistemas autónomos no deben perjudicar la libertad del ser humano.

- Justicia: promover la prosperidad preservando la solidaridad. Los Principios de Future of Life Institute incluyen la necesidad tanto de beneficio compartido como de prosperidad compartida con la IA. El EGE sostiene que ésta debería contribuir a la justicia global e igualdad de acceso a sus beneficios.
- Explicabilidad. Este principio trata de habilitar los anteriores cuatro principios a través de inteligibilidad y responsabilidad. Future of Life Institute expresa este concepto como transparencia, y para el EGE significa tanto transparencia como responsabilidad.

En julio de 2019 tuvo lugar el segundo Foro AI4People que recomendaba catorce acciones prioritarias de aplicación inmediata, entre las que destacamos la creación de un entorno europeo coherente de investigación y de un observatorio de IA. La agenda del 2021 se centrará en temas específicos de la industria para el diseño, producción, uso y gobernanza de la IA y la RA (AI4People, 2019).

11.2) La forma de abordar la IA definirá el mundo en el que vamos a vivir

Como hemos comprobado, el interés por la ética en la IA se había generalizado desde mediados de la segunda década del siglo XXI con diversas iniciativas públicas y privadas en organizaciones, foros, cumbres globales y acuerdos estatales. Por su parte, los objetivos de la Comisión fijados en abril de 2018 fueron los de potenciar la capacidad tecnológica al impulsar la adopción de la IA, prepararse para las transformaciones socioeconómicas que se derivarían de su despliegue, y establecer un marco ético y jurídico apropiado basado en los valores y normas emanados de la Carta de los Derechos Fundamentales de la UE, que garantice el desarrollo de una IA ética, segura y centrada en el ser humano (COM/2018/237).

En junio de 2018, el vicepresidente primero de la Comisión Franz Timmermans, en una reunión con representantes de organizaciones filosóficas y no confesionales europeas organizada para debatir sobre los desafíos éticos y sociales de la IA³, afirmó que el mundo digital avanzaba más deprisa que el debate ético, y no se podía permitir que ocurriera lo mismo con la IA y la automatización, por lo que se debía controlar esa transformación y asegurarse de que sirviera para promover y defender los valores y el modelo social europeo (UE, 2018). La reunión fue presidida por Andrus Ansip, vicepresidente responsable del Mercado Único Digital, quien resaltó que los efectos beneficiosos de la IA eran muchos y Europa debía aprovecharlos, tanto desde una mejor atención sanitaria hasta unos transportes más seguros. También afirmó que se estaban elaborando directrices éticas para un desarrollo positivo en beneficio de todos para evitar decisiones sesgadas, y expresó también la importancia de la diversidad y el equilibrio de género. Para Ansip, la reciente

³ Centre d'Action Laïque, Federación Humanista Europea, Gran Oriente de Polonia, Egalité Laïcité Europe, Asociación Secular-Humanista Rumana, Contribution des Obédiences Maçonnes Adogmatiques et Libérales à la Construction Européenne, Institut Maçonique Européen, Alianza Masónica Europea, Asociación Humanista de Hungría, National Secular Society, y la Asociación Europea de Libre Pensamiento.

fundación hacía unos días de la Alianza Europea de la IA dirigida por el AI-HLEG, encargado de desarrollar los principios éticos contribuiría a enriquecer ese amplio debate (CE, 2018e).

En diciembre de 2018 la Comisión presentaba un plan coordinado sobre la estrategia industrial y tecnológica «AI Made in Europe» que estaba diseñado tanto para aumentar la competitividad con las tecnologías de la IA, la RA y el BD como para satisfacer las aspiraciones de la ciudadanía y responder a las necesidades de la sociedad, y a la vez instaba a edificar una IA ética, segura y centrada en el ser humano. Dos semanas después, el AI-HLEG presentó un borrador sobre directrices éticas (AI-HLEG, 2018), y cuatro meses más tarde propuso el documento final sobre unas directrices éticas para configurar una «IA fiable para Europa», que analizaremos a continuación. En cuestión de dos años, desde la cumbre digital del Consejo de la UE en Estonia de 2017 en la que los máximos dirigentes de la Unión acordaron dar un fuerte impulso a la IA, los pasos para elaborar una estrategia fueron agigantados (Consejo, 2017).

Para Lorenzo Cotino (2019), la ética ha pasado a ser esencial en la marca *AI made in Europe*, y parece inteligente la estrategia de la Unión Europea de situarse a la vanguardia mundial en una IA ética y confiable. Asimismo, afirma que estamos en un periodo temprano para las respuestas regulatorias más concretas y globales, pero en el momento oportuno para la proclamación de la ética de la IA, por lo que juristas y otros especialistas de ciencias sociales más sensibles a estas cuestiones han de ponerse a trabajar codo con codo con informáticos, técnicos, matemáticos y tantos especialistas que desarrollen IA. Ello en buena medida podría ser una de las claves de éxito del desarrollo de la IA en la Unión Europea y en otras regiones del mundo.

11.3) «IA fiable para Europa»

Siguiendo el mandato y las directrices de la Comisión sobre una «AI Made in Europe», el Grupo de Expertos de Alto Nivel en IA presentó en abril de 2019, tras un proceso de consulta abierta en el que se recogieron comentarios de más de 500 participantes, las directrices para una IA fiable (AI-HLEG, 2019a). Los expertos advirtieron que el contenido del documento de trabajo era responsabilidad exclusiva suya, y aunque el personal de la Comisión colaboró en la elaboración, los puntos de vista expresados reflejaban solo su opinión. Es decir, en ningún caso se consideraría que representan una posición oficial de la Comisión. También aclaraba que con el debate sobre las directrices éticas que se trataban en el documento, se pretendía aplicar la idea a los sistemas de IA desarrollados, desplegados y utilizados en los Estados miembros, así como a los sistemas desarrollados o producidos en otros lugares del mundo pero que se desplieguen y utilicen en la UE. No obstante, su aspiración era la de que también resultasen extensibles a otros países.

Las directrices éticas propuestas por el Grupo de expertos están diseñadas para crear una cultura de «IA fiable para Europa» (AI-HLEG, 2019a pág. 47) en la que sus beneficios lleguen a toda la ciudadanía garantizando el respeto de los valores fundacionales de la UE (la Carta de los Derechos Fundamentales de la UE y la legislación sobre Derechos Humanos) y de la estrategia «AI Made in Europe». Se pretende así establecer una base segura para lograr una IA fiable y ofrecer unas orientaciones sobre las aplicaciones en general que van dirigidas a todas las partes interesadas e implicadas en el diseño, desarrollo, despliegue, aplicación o utilización de la tecnología, o que se vean afectadas por ésta, incluidas con carácter no limitativo las empresas, organizaciones, instituciones, agencias gubernamentales o servicios públicos. Sin embargo, de igual modo que los sistemas que ofrecen recomendaciones de productos y servicios a los consumidores no suscitan las mismas preocupaciones éticas que los que proponen tratamientos médicos críticos, el Grupo de Expertos recomendaba que debiera explorarse la necesidad de adoptar también un enfoque sectorial que complementase el marco horizontal más general propuesto en las Directrices.

La preocupación por este asunto resulta crucial, en la medida en que un gran número de derechos fundamentales podría verse afectado por el uso de la IA, como la libertad de expresión, la libertad de reunión, la dignidad humana, la discriminación por razón de sexo, raza u origen étnico o credo, discapacidad, edad u orientación sexual, y en su aplicación en determinados ámbitos como la protección de los datos personales y de la vida privada, el derecho a una tutela judicial efectiva y a un juicio justo, o la protección de los consumidores (Council of Europe Study, 2018).

En definitiva, la cuestión era dirimir: ¿Qué se entiende por una IA fiable? El Grupo de Expertos la explica como una IA permeada por un marco jurídico, ético y técnico que debe apoyarse en tres componentes esenciales a lo largo de su ciclo de vida (AI-HLEG, 2019a):

- Debe ser lícita y garantizar el respeto de todas las leyes y reglamentos aplicables.
- Debe ser ética y asegurar el cumplimiento de los principios y valores éticos de la UE.
- Debe ser robusta, tanto desde el punto de vista técnico como social.

El Grupo de Expertos advertía que en su elaboración de las directrices no abordaban el componente jurídico (ser lícita), y en su lugar ofrecían orientaciones sobre cómo fomentar y garantizar los otros dos componentes: la IA ética y robusta, aunque también recordaba que los derechos recogidos en la Carta de los Derechos Fundamentales de la UE eran jurídicamente vinculantes, y que el Convenio Europeo de Derechos Humanos adoptado por la organización internacional Consejo de Europa en 1950⁴ eran de obligado cumplimiento para los Estados miembros. Por lo tanto, la posible responsabilidad jurídica de los robots y

⁴ El Convenio Europeo para la Protección de los Derechos Humanos y de las Libertades Fundamentales, conocido como la Convención Europea de Derechos Humanos, fue adoptado por el Consejo de Europa el 4 de noviembre de 1950 y entró en vigor en 1953. Está inspirado en la Declaración Universal de los Derechos Humanos de la ONU de 1948.

softbots autónomos quedó desatendida al no abordarse el componente jurídico. Las Directrices para una IA fiable están compuestas por tres niveles de abstracción:

- Los Fundamentos, que asientan las bases de una IA fiable basada en los derechos fundamentales y se identifican los principios éticos que deben cumplirse.
- La Realización, que define siete requisitos que se deben cumplir a lo largo de todo el ciclo de vida del sistema y ofrece métodos técnicos para su posible aplicación.
- La Evaluación, que propone una lista evaluadora con el fin de poner en práctica los siete requisitos.

Fundamentos

Los componentes éticos de una IA fiable están constituidos por el respeto a la autonomía humana y la equidad, y los componentes robustos por la prevención del daño y la explicabilidad. Se trata de principios que pueden en algún momento entrar en conflicto entre ellos, tal y como pudiera suceder con la utilización de sistemas de IA para la *actuación policial predictiva* que pudieran ayudar a reducir la delincuencia, a través de actividades de vigilancia que vulneren la libertad y privacidad individual (AI-HLEG, 2019a). El Grupo de Expertos recomendaba para esos casos, afrontar los diferentes dilemas éticos y analizar las ventajas e inconvenientes a través de un proceso de reflexión razonada con base empírica, en lugar de guiarse por la intuición o por criterios aleatorios.

En cuanto a los componentes éticos, respeto de la autonomía humana y equidad, las personas que interactúen con sistemas de IA deben poder mantener una autonomía plena y efectiva sobre sí mismas y ser capaces de participar en el proceso democrático. Los sistemas de IA no deberían subordinar, coaccionar, engañar, manipular, condicionar o dirigir a los seres humanos de manera injustificada. En lugar de ello deberían diseñarse de forma que

aumenten, complementen y potencien las aptitudes cognitivas, sociales y culturales de las personas. La distribución de funciones entre los seres humanos y los sistemas de IA deberían seguir principios de diseño centrados en las personas y dejar amplias oportunidades para la elección humana. Esto implica garantizar la supervisión y el control humano sobre los procesos de trabajo de los sistemas. El principio de equidad, que aboga por un desarrollo, despliegue y utilización ecuánime de los sistemas, está concebido para garantizar una distribución justa e igualitaria de los beneficios y costes, y asegurar que las personas y grupos no sufran sesgos injustos, discriminación ni estigmatización. La supervisión humana ayuda a garantizar que un sistema de IA no socave la autonomía humana o provoque otros efectos adversos. La supervisión se puede llevar a cabo a través de mecanismos de gobernanza, tales como los enfoques de participación humana de control o mando humano.

Por lo que respecta a los componentes robustos, prevención del daño y explicabilidad, el primero implica que los sistemas de IA no deberían provocar daños o agravar los existentes ni perjudicar de cualquier otro modo a los seres humanos. Este principio conlleva la protección de la dignidad humana y de la integridad física y mental. Todos los sistemas y entornos en los que operan estos deben ser seguros. También deberán ser robustos desde el punto de vista técnico y debería garantizarse que no puedan destinarse a usos malintencionados. Por último, el principio de explicabilidad significa que los procesos técnicos de la IA han de ser transparentes y comunicar abiertamente las capacidades y su finalidad; además, sus decisiones autónomas deben poder explicarse en la medida de lo posible a las partes que se vean afectadas de manera directa o indirecta. Sin esta información no es posible impugnar adecuadamente ninguna decisión. No siempre resulta posible explicar por qué un modelo de IA, o sea, un algoritmo de IA entrenado, ha generado una decisión particular ya sea correcta, errónea o inadecuada. Entonces, en los casos denominados de opacidad o algoritmos de caja negra, requieren especial atención y puede ser necesario adoptar otras medidas si fuera factible, como la trazabilidad, auditabilidad y comunicación transparente sobre las prestaciones del sistema. Por ejemplo, un sistema de IA que genere recomendaciones de compra poco acertadas no despertará excesivas

preocupaciones desde el punto de vista ético, a diferencia de los sistemas que evalúan si se concede la libertad condicional a una persona condenada por un delito penal.

Algunas de las preocupaciones que plantea el Grupo AI-HLEG son: la identificación y seguimiento de personas mediante IA, tanto por parte de entidades públicas como privadas; los sistemas encubiertos (saber si se está interactuando con otro ser humano o con una IA); la evaluación de las personas que puede dar lugar a una pérdida de la autonomía humana y poner en peligro el principio de no discriminación; y los sistemas de armas letales autónomas. En cuanto al desarrollo de robots humanoides, estos presentan particularidades que deberían ser objeto de una evaluación pormenorizada desde el punto de vista ético.

Realización

Para la realización de una IA fiable, las Directrices éticas del Grupo de Expertos de Alto Nivel en IA que estamos analizando, ofrecen siete requisitos que deben satisfacerse a lo largo de su ciclo de vida: acción y supervisión humana, solidez técnica y seguridad, gestión de la privacidad y de los datos, transparencia, diversidad junto a la no discriminación y equidad, bienestar social y ambiental, y rendición de cuentas. Pese a que todos los requisitos tienen la misma importancia, será necesario tener en cuenta el contexto y las tensiones que pueden surgir entre ellos a la hora de aplicarlos en diferentes ámbitos y sectores, y si bien la mayoría de ellos son aplicables a todos los sistemas, se presta una atención especial a los que afectan de manera directa o indirecta a las personas. Por lo tanto, su pertinencia puede ser menor en determinadas aplicaciones, pongamos por caso los entornos industriales y los educativos.

La acción y supervisión humana ayudan a garantizar que un sistema de IA no socave la autonomía humana o provoque otros efectos adversos. Su solidez técnica es crucial para una IA fiable y requiere que se desarrolle con un enfoque preventivo en relación con los riesgos, de modo que se comporte siempre según lo esperado y evite causar daños inaceptables. Tampoco pueden presentarse a sí mismos como humanos ante los humanos y deben

garantizar la diversidad mediante procesos de diseño inclusivos. Se debe exigir la ausencia de sesgos injustos que puedan presentar inclinaciones históricas inadvertidas o modelos de gestión incorrectos, tales que pudieran dar lugar a injustos prejuicios junto a una indeseable discriminación y marginación de las personas. Los sesgos pueden ser causados por fallos de diseño en los algoritmos de machine learning cuando no tienen en cuenta el entorno, lo que lleva a la llamada *estupidez artificial* cuando produce resultados no premeditados por los desarrolladores de la IA (Broussard, 2019). En cuanto al bienestar social y medioambiental, debe ser sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Para cumplir los requisitos expuestos, cabe utilizar tanto métodos técnicos como no técnicos que abarquen todas las fases del ciclo de vida. Dado que estos sistemas evolucionan en un entorno dinámico, la realización de la IA fiable es un proceso continuo de desarrollo, utilización, análisis y rediseño, pero que engancha de nuevo con el desarrollo en un bucle indefinido. Los métodos técnicos aluden a cinco aspectos: arquitecturas para una IA fiable y ética desde el diseño, métodos de explicación, indicadores de calidad de servicio, y realización de ensayos y validación.

Los requisitos de una arquitectura fiable deben traducirse en procedimientos que deben integrarse en la arquitectura de los sistemas. Este propósito puede lograrse a través de un conjunto de normas del tipo lista blanca que el sistema debería seguir en todo momento, y de restricciones o lista negra sobre determinados comportamientos o estados que el sistema jamás debería transgredir. Para que un sistema sea fiable, hemos de ser capaces de comprender y explicar por qué se comportó de una determinada manera y por qué ofreció una interpretación específica en algún asunto. Existe todo un campo de investigación para la IA explicable (conocido por las siglas XAI) que intenta resolver esta cuestión a fin de entender mejor los mecanismos subyacentes a estos sistemas y encontrar soluciones. Con respecto a los indicadores de calidad de servicio podrían incluirse parámetros para evaluar los ensayos realizados, pero debido a la naturaleza de los sistemas de IA, el ensayo y validación probablemente fueran inabarcables.

Los métodos no técnicos están relacionados con la normativa de apoyo a la fiabilidad, a los códigos de conducta, la normalización, la rendición de cuentas a través de marcas de gobernanza, la educación y concienciación para fomentar una mentalidad ética, la participación de las partes interesadas, la diversidad y los equipos de diseño inclusivos. Con todo esto podría resultar adecuado crear un marchamo de «IA fiable para Europa» que a partir de las normas técnicas especificadas confirme, por ejemplo, que el sistema cumple los requisitos de seguridad, solidez técnica y explicabilidad.

Evaluación

El Grupo de Expertos de Alto Nivel en IA propone una lista de evaluación no exhaustiva para desarrolladores y responsables del despliegue a fin de comprobar la fiabilidad. Advertía, sin embargo, que la utilización de esta lista no constituye una prueba del cumplimiento legal ni pretende servir como guía para garantizar el cumplimiento de la legislación vigente. La lista de evaluación se centra en los siete principios clave del nivel de Realización y las cuestiones planteadas son del estilo lista de verificación, por ejemplo, en cuanto al principio de acción y supervisión humana se formulan algunas cuestiones como las siguientes: en el caso de que el sistema de IA se implante en el proceso de trabajo, ¿ha tenido usted en cuenta la asignación de tareas entre los trabajadores y el sistema para garantizar una supervisión y control humano apropiados? Cabe aclarar que garantizar la fiabilidad de la IA no consiste solo en marcar casillas de verificación, sino en identificar asiduamente los requisitos, evaluar soluciones y asegurar mejores resultados a lo largo de todo el ciclo de vida del sistema.

La idea de que el cumplimiento de las normas puede introducirse en el diseño técnico del sistema es clave en este método. Las empresas son responsables de identificar los efectos de sus sistemas desde el principio, así como las normas que deberían cumplir para evitar efectos negativos. En la actualidad ya se utilizan numerosos conceptos diferentes que incluyen la noción desde el diseño, tal como la privacidad o la seguridad (AI-HLEG, 2019a).

11.4) Directrices éticas internacionales

Con la estrategia «AI Made in Europe», la Comisión perseguía que la UE fuera líder mundial en una IA ética y confiable. Asimismo, promovería las directrices a nivel internacional y abriría un diálogo y cooperación con todos los países no pertenecientes a la UE y terceros países que estuvieran dispuestos a compartir los mismos valores. En una Comunicación de abril de 2019 destinada a generar confianza en la IA, la Comisión respaldaba la decisión de seguir esforzándose por llevar el enfoque de la UE a la escena mundial y establecer un consenso sobre una IA centrada en el ser humano. La intención y el alcance del enfoque era ambicioso: «La Unión Europea puede desempeñar un papel de liderazgo en el desarrollo de directrices internacionales sobre IA y, si es posible un mecanismo de evaluación al respecto» (COM/2019/168 pág. 9). Ciertamente, la estrategia ética de la UE con propensión internacional favorece la idea de «Más Europa» y apoya la integración y cohesión europea, aspectos que analizaremos en el próximo capítulo.

En efecto, las Directrices éticas del AI-HLEG ofrecieron a la Comisión una valiosa aportación narrativa con la que contribuir a los debates internacionales y asumir el liderazgo ético que se alcanzaría estrechando la cooperación con socios afines y desempeñando un papel activo en las iniciativas de rango internacional. En cuanto al primer aspecto, se trataría de lograr la convergencia con otros proyectos de directrices de países como Japón, Canadá y Singapur, promocionando un debate sobre ética más amplio y respaldado por acciones que ayudaran a implementar algún proyecto, tal como una alianza internacional para un enfoque centrado en el ser humano. Al segundo se llegaría contribuyendo a foros multilaterales como el G7 y el G20 y participando con países no pertenecientes a la UE en reuniones para alcanzar consensos. El trabajo de la UE comenzó a dar su frutos en distintas negociaciones internacionales, por ejemplo, en la elaboración de los Principios éticos de la OCDE en materia de IA que fueron ratificados en mayo de 2019 por los treinta y seis países de la Organización, más otros seis países que los adoptaron con el respaldo de la Comisión. El G20 los suscribió al mes siguiente (OCDE, 2019).

Características y síntesis

El relato tecnológico europeo relacionado con el marco ético se reconoce en el convencimiento de una cultura de «IA fiable para Europa» en la que la tecnología no socave la autonomía humana, y en el papel de liderazgo que la UE puede desempeñar en el desarrollo de directrices internacionales sobre IA. Los elementos clave son los siguientes:

- A mediados de la segunda década del siglo XXI, el interés por la ética en la IA se había generalizado con diversas iniciativas como los foros y cumbres globales. Emergieron problemáticas de carácter ético como los robots asesinos, que movilizaron a organizaciones como Human Rights Watch, Future of Life Institute, AI for Good, IEEE, AI4People, EGE y la OCDE.
- La incidencia de la IA en la sociedad podría darse en la libertad de expresión, la libertad de reunión, la dignidad humana, la desinformación, la discriminación por razón de sexo, raza u origen étnico, religión o credo, discapacidad, edad u orientación sexual.
- La afirmación en 2018 de la Comisión Europea desde la perspectiva de la construcción social de la tecnología: nuestra forma de abordar la cuestión de la IA definirá el mundo en el que vamos a vivir.
- En 2019 se formularon los principios éticos y técnicos de una «IA fiable para Europa» por el Grupo de Expertos de Alto Nivel en IA desde la mirada a todos los valores de la UE. El ámbito jurídico no fue tratado, por lo que no se abordaron cuestiones como la responsabilidad de los agentes de IA (robots y softbots).
- Visión constructivista de la tecnología en 2019 del AI-HLEG: la confianza en el desarrollo, despliegue y utilización de sistemas de IA no concierne únicamente a las propiedades inherentes a esta tecnología, sino también a las cualidades de los sistemas sociotécnicos en los que se aplica.

El Grupo de Expertos de Alto Nivel en IA propuso una IA fiable en abril de 2019 basada en las directrices de la Comisión de una IA ética segura y centrada en el ser humano. IA fiable en el sentido de poder comprender y explicar por qué se comportó de una determinada manera y por qué ofreció una interpretación específica sobre algún asunto. Se constituyó sobre cuatro principios fundamentales. Dos de ellos de naturaleza ética (el respeto de la autonomía humana y la equidad), y dos de naturaleza técnica (explicabilidad y prevención del daño físico y mental). Sin embargo, la IA fiable no trató los aspectos jurídicos de la posible responsabilidad de los robots y softbots autónomos, por lo que la *Doctora Robot* quedó también desatendida, dejándolo todo en manos del principio general de que las máquinas continúen siendo máquinas y los humanos conserven en todo momento el dominio sobre ellas. En consecuencia, la *doctora* o *doctor Robot* no están facultados legalmente para recetar medicamentos y emitir bajas y altas laborales sin la supervisión humana. Quizá fuera porque nadie sabe con certeza si la IA llegará a adquirir una autonomía elevada con los algoritmos machine learning o porque tal posibilidad se vislumbra todavía lejana, o incluso, porque se considera inabordable en la lógica de las éticas convencionales de los humanos. Lo cierto es que uno de los grandes retos que se deberán afrontar, más pronto que tarde, se refleja en la problemática de la responsabilidad de la IA.

12) LAS NARRATIVAS DE LA INTEGRACIÓN EUROPEA

EL PRESENTE CAPÍTULO SE ADENTRA EN LA HISTORIA de la Comunidad Europea desde su fundación tras la devastación de la II Guerra Mundial hasta nuestros días. Se repasan sus orígenes, las narrativas éticas y políticas y los progresos logrados, así como las dificultades que surgieron sobre sus planteamientos constitutivos que dieron lugar a una crisis existencial y de identidad, y en consecuencia a una necesidad de crear nuevos relatos que promovieran su integración y desarrollo. La cuestión que se plantea a menudo remite a qué es Europa y adónde vamos la ciudadanía europea, y en este sentido parece conveniente hilar una nueva narrativa basada en las normas y los valores éticos de la Unión Europea que la impulse de nuevo con fuerza al futuro. ¿Qué tipo de narrativa podría crear un nuevo imaginario colectivo de «Más Europa» unida en la diversidad?

12.1) Cliché narrativo

El 9 de mayo de 1950, Robert Schuman pronunció la Declaración en la que proponía la creación de la Comunidad Europea del Carbón y del Acero, y un año después los Estados miembros dieron el primer paso oficial para una unión económica y política cuando seis países firmaron el Tratado de París¹. Y aun cuando no se haya elaborado todavía un modelo que satisfaga por completo la explicación del proceso hacia una Europa integrada, existe cierto consenso entre los historiadores de la construcción de la UE, sobre las causas que determinaron una actitud favorable de los gobiernos a la integración después de la II Guerra Mundial. Por una parte, la sensación de inseguridad que en la inmediata posguerra se adueñó de la sociedad europea ante una posible amenaza soviética, y por la otra, la necesidad de una pronta recuperación económica y social de Europa Occidental.

Una recuperación apoyada por el Plan Marshall que se desarrolló entre 1948 y 1952 frente a la amenaza de miseria generalizada en el viejo continente, mas también como una necesidad imperativa por razones de seguridad de la política exterior de los Estados Unidos para utilizar a Europa como un muro de contención contra la URSS (Duroselle, 1990). En el mismo sentido, para John Krige (2006), el objetivo general del Plan buscaba estimular la recuperación económica de Occidente, y en última instancia promover «la unidad política mediante la creación de un (económico) Estados Unidos de Europa» (pág. 15), porque para él, sin tal Plan, la Unión Soviética explotaría la pobreza y la desesperación para promover la lucha social, destruir la democracia y amenazar la seguridad de Estados Unidos. Por su parte, algunos historiadores también han señalado que la integración no se planteó como un sistema político, económico y social propio, ni constituyó un fin *per se*, dado que el proyecto de una Europa unida políticamente careció inicialmente de tales pretensiones (Judt, 2006; Guirao, *et al.*, 2019).

¹ (Véase Anexo F)

Así pues, la integración fue una necesidad interna de los propios países europeos y también externa, en tanto que auspiciada por Estados Unidos debido a razones geopolíticas de contención al enemigo ideológico. En ningún caso podemos referirnos a la creación primigenia de la Comunidad Europea como una iniciativa cargada de nostalgia de tiempos pasados, de un deseo unionista irrefrenable o de unas reflexiones bien fundamentadas para integrar a los europeos. Mas bien, ocurrió todo lo contrario, porque fue una acción reactiva frente a las adversas circunstancias del contexto de posguerra. Y quizá tuvo que ser así, a pesar de las grandes preguntas históricas que todavía quedan por responder en el proceso inacabado de la integración europea: ¿Qué es Europa y cómo hubiera podido organizarse?

Si bien Europa no es un bloque monolítico y no guarda un esquema social uniforme, sí que tiene un modelo (a veces laxo en la práctica) caracterizado por unos valores y unas normas comunes, tales como el acceso universal a la educación y la atención sanitaria, la igualdad de género y el diálogo social. Sin embargo, pese a la convergencia desarrollada desde los años ochenta del siglo XX en los ámbitos político, económico, social, científico y tecnológico, resulta difícil narrar qué es Europa. Hay autores que defienden la imposibilidad de definirla como un espacio cerrado cuya evolución pueda ser registrada desde un momento histórico concreto hasta el presente (Moreno y Núñez, 2017). Asimismo, tampoco se puede redactar su historia desde el surgimiento de una cultura o un lenguaje determinado, dado que Europa no es un país, ni una nación o un pueblo que pueda identificarse con una unidad política.

En este sentido, para Bernard-Henri Lévy (2017), Europa no es un lugar, sino una idea. Quizá sea una entelequia, una mitología o una intuición, o como sugiere George Steiner (2005), la «idea de Europa» tendrá contenido mientras haya cafés, y es que Europa está compuesta de esos lugares para la cita y la conspiración, para el debate intelectual, para escribir tomos sobre fenomenología y para el cotilleo, para el *flâneur* y para el poeta o el metafísico con su cuaderno. De cualquier modo, la UE se fundó sobre la concepción de la diversidad de culturas, tradiciones y lenguas del continente expresada en el ideal de una Europa unida en la diversidad con los valores de la democracia y del Estado de derecho (UE, 2019a).

En cuanto al cómo Europa hubiera podido organizarse políticamente se barajan diferentes modelos en función de la importancia que se le otorgue a cada una de las entidades que los componen, por ejemplo, la Europa de los Estados, de los Estados miembros, de los pueblos, de la ciudadanía, de las personas, de la pluralidad y la Europa de los tecnócratas².

Por otra parte, la integración ha posibilitado la ampliación de la libertad individual en un marco legal que trasciende las fronteras de sus Estados³. Una integración que, para los europeos que vivieron la II Guerra Mundial representó durante décadas la idea de paz, pero al mismo tiempo, de la solidaridad y la reconciliación. Aquellos países que vivieron dictaduras durante la segunda mitad del siglo XX sintieron que esa Europa representaba el ideal de la democracia, progreso económico y modernidad social, igual como sucedió primero en la Europa del Sur en los años setenta y ochenta, y después en la Europa Central y del Este tras la caída del Muro de Berlín (Moreno y Núñez, 2017). Con el tiempo, las guerras fratricidas y los odios, y superados la mayoría de los conflictos que habían conducido a los europeos al abismo entre 1939 y 1945, el progreso social y económico de la nueva Europa hizo que se alcanzara una estabilidad y prosperidad sin precedentes (Judt, 2013). Ciertamente, la consolidación de la democracia estuvo acompañada de notables avances económicos, sociales y en materia de derechos civiles y libertades. Sin embargo, pareciese como si a finales del siglo XX, se hubiese racionalizado un estado de *todos contra todos*, un estado hobbesiano de egoísmo y falta de empatía colectiva que agravó los problemas sociales y económicos como resultado del triunfo del individualismo neoliberal (Judt, 2010).

² (Véase Anexo G)

³ En 1985 fue acordado El Convenio Schengen, un tratado vigente entre veintiséis países por el cual se eliminan los controles de seguridad en sus fronteras y se garantiza un régimen de libre circulación para su ciudadanía. El espacio común es llamado «Espacio Schengen» donde se aplican normas comunes para controlar sus fronteras exteriores. En diciembre de 2019, de los 26 países europeos que lo constituyen, 22 son Estados miembros: Alemania, Austria, Bélgica, Chequia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Polonia, Portugal y Suecia. Los otros cuatro países que suponen el total de 26 son: Islandia, Liechtenstein, Noruega y Suiza (Schengen, 2019).

12.2) Europa se hace en las crisis

Algunos autores han apuntado que tras la firma del Tratado de la Unión Europea⁴ en 1992, se inició un proceso de desapego hacia la Europa oficial. Un desinterés intelectual y ciudadano que acabó traducéndose años después en la desaparición del consenso permisivo que hasta el momento había caracterizado al proyecto europeo (Habermas, 2009). Con el paulatino abandono de las ideas que sugerían el nacimiento de una Europa occidental como representación de los valores de paz, solidaridad, reconciliación y democratización, hasta entonces presentes en el imaginario colectivo, las nuevas generaciones quedaron huérfanas de un relato que explicase el origen y el futuro de Europa. En esta línea de reflexión, Kalypso Nicolaïdis y Janie Pélabay (2009) subrayan que si la UE quiere sobrevivir, necesita de una nueva narración, por lo que se hace necesario hilar una historia en la que nos expliquen de dónde venimos y sobre todo adónde vamos los europeos.

El hecho es que desde la última década del siglo pasado el proyecto europeo sufrió importantes reveses en sus planteamientos constitutivos. En efecto, la falta de empatía colectiva entre europeos indicaba que *algo iba mal* respecto de la Unión, y así lo atestiguan los fracasos (no por amplios márgenes) de los referéndums de Dinamarca de 1992 para la ratificación del Tratado de la Unión Europea (Tratado de Maastricht); de Francia y Los Países Bajos en 2005 de ratificación del tratado que pretendía establecer una Constitución para Europa⁵ (PE, 2004); de Irlanda en 2008 de ratificación del Tratado de Lisboa; y del Reino Unido en 2016 sobre la permanencia en la UE. Las razones son múltiples y variadas. Siguiendo esta línea de razonamiento, para el sociólogo y filósofo Zygmunt Bauman (2006),

⁴ El Tratado de la Unión Europea también conocido como Tratado de Maastricht por haberse firmado en esa ciudad de los Países Bajos, convirtió las Comunidades Europeas CECA y CEE en Comunidad Europea -CE- (véase Anexo F), con dos ámbitos de cooperación adicionales: la Política Exterior y de Seguridad Común, y el ámbito de Justicia y Asuntos de Interior. El Tratado sentó las bases de la unión económica y monetaria (euro) y reforzó las competencias del Parlamento Europeo (PE, 2020).

⁵ El referéndum en España celebrado en 2005 resultó favorable a la ratificación del Tratado de Constitución para Europa.

la estructura de la Europa política resultaba para la ciudadanía demasiado lejana y abstracta. Además, afirmaba que si alguna vez hubo una visión de una Europa unida, ésta se estaba cayendo a pedazos por falta de apoyo de gobiernos, ciudadanos, pueblos y naciones. Para Bauman, el problema era que muy pocos piensan primero en sí mismos como europeos. Es más, los europeos son «tal vez la única gente que [...] carece de identidad; una identidad fija, o una identidad considerada y tenida por fija» (Bauman, 2006 pág. 26). Por su parte, el historiador Timothy Garton Ash (2011), manifestaba que Europa había perdido su argumento y ya no sabía qué narrativa contar. Todo apunta, pues, a que el relato político compartido que sostuvo un proyecto de integración de la Europa Occidental desde el final de la II Guerra Mundial se habría desmoronado. Ahora, a finales de la segunda década del siglo XXI, la mayoría de los europeos apenas sabemos de dónde venimos, y tampoco compartimos una idea de hacia dónde queremos ir juntos. No comprendemos por qué tenemos una UE ni para qué sirve.

En esta línea argumental, el expresidente de la Comisión Europea Jean-Claude Juncker, ante el Parlamento Europeo el 14 de septiembre de 2016, manifestó que la UE atravesaba en buena parte una crisis existencial. Juncker diagnosticó que jamás había visto tanta fragmentación y pocas cosas en común, y señaló que estábamos en un momento crítico de la historia de Europa (Euronews, 2016a). Asimismo, el expresidente francés François Hollande, declaraba al día siguiente que ésta no era una crisis más, sino que podía ser la crisis de la existencia de la propia Unión, de sus fundamentos constitutivos (Euronews, 2016b). La reflexión se encuadraba dentro de fenómeno secesionista del *Brexit*⁶. Sin embargo, la cancillera alemana Angela Merkel se reafirmó junto a Hollande, que la UE estaba determinada a reaccionar unida frente a sus debilidades. Ramón Jáuregui (2017) sostenía

⁶ En el referéndum del *Brexit* del 23 junio de 2016, el 51,9% de los británicos votaron salir de la UE (Electoral Commission, 2020), si bien es cierto, que las causas del desapego británico pueden ser específicas y diferentes a la de los países del continente. Para algunos autores, el *Brexit* es un problema de interpretación histórica. Su argumento reside en que las causas más profundas son específicas al Reino Unido y deben buscarse en cómo se ha construido un imaginario colectivo antieuropeo a lo largo de más de dos décadas a partir de resortes culturales aún más antiguos del nacionalismo inglés (Guirao, *et al.*, 2019).

que nunca antes, en la larga y compleja historia de la Unión habíamos mirado al vacío con tanta proximidad. En sus elucubraciones remarcó que tenemos que fortalecer la narración europeísta con unos objetivos y desafíos que la integren, y también rememoraba unas palabras de las *Mémoires* de Jean Monnet, uno de los fundadores de la Comunidad Europea: «Siempre pensé que Europa se haría en las crisis, y que sería la suma de las soluciones que aportaríamos a estas crisis» (Monnet, 1976 pág. 448).

En este sentido, baste con recordar la crisis económica del 2008 que echó por tierra años de progreso socioeconómico y expuesto a debilidades estructurales a la economía social de mercado europea que, no obstante, propició el *nuevo principio* del año 2010 con la Estrategia Europa 2020 y la Agenda Digital para Europa, visto con anterioridad. Fueron unas decisiones de la Comisión Europea que iniciaron lo que podríamos considerar la fase de desarrollo del Sistema Tecnológico de gran escala de la IA, la RA y el BD, que acreditaremos más adelante.

Para Jürgen Habermas (2012), la UE vivía una crisis eminentemente política en la que los dirigentes habían pretendido obviar esa cuestión y centrarse en cuestiones económicas. En marzo de 2019, el presidente de Francia, Emmanuel Macron, hizo un alegato europeísta que nos evoca a Victor Hugo cuando postuló en 1849 la idea de los Estados Unidos de Europa, en el que explicó en una carta dirigida a la ciudadanía europea, que nunca antes desde la II Guerra Mundial Europa había sido tan necesaria, y a pesar de ello, nunca había estado tan en peligro (France24, 2019). Cabe recordar que la ciudadanía de la UE fue promovida en el Tratado de la Unión Europea en 1992 (92/C 191/01) y se estableció en la Carta de los Derechos Fundamentales de la UE en diciembre del año 2000, entrando en vigor en diciembre de 2009 (2000/C 364/01). La ciudadanía se añade a la de cada Estado miembro, y entre otros derechos, cuentan los de trabajar y establecerse en cualquier Estado de la Unión y participar en los comicios municipales del lugar europeo de residencia.

12.3) Europa necesita una nueva narrativa integradora

La avalancha de preocupación que sobre el futuro de la UE predomina entre los especialistas de los *European Studies*, hace que evocando a Judt (2010) nos preguntemos que quizá el problema fuera que ya no sabemos cómo hablar sobre lo que está mal, y mucho menos intentar solucionarlo. Para Fernando Guirao, «la Unión Europea está en crisis, por fortuna» (Guirao, *et al.*, 2019 pág. 27), ya que está en modo activo a la búsqueda de la cuadratura del círculo que siempre ha definido los puntos de inflexión que caracteriza la historia de la integración europea. En este sentido, en una Comunicación de abril de 2019 sobre la preparación para las elecciones del mayo siguiente, la Comisión expresaba que a menudo se dice que la UE está excesivamente dividida para conseguir resultados políticos efectivos, o que es muy lenta en lograrlo. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la UE no es un Estado federal, sino que se trata de un sistema de gobernanza multinivel que engloba a muchas democracias, que con frecuencia cuentan con instancias de menor nivel con una importante influencia. Por consiguiente, alcanzar un compromiso justo y equilibrado suele exigir tiempo y voluntad de dar y recibir por parte de todos (COM/2019/218). Lo que con frecuencia conduce a esa búsqueda de la cuadratura del círculo a la que se aludía.

Aun así, la Unión Europea se ha convertido seis décadas después de su creación, no solo en el bloque comercial más grande del mundo con una de las monedas más utilizadas, sino en la más avanzada democracia supranacional que la historia haya conocido, y absolutamente superior a cualquier alianza de naciones en cualquier lugar del planeta. Seis décadas en paz y libertad desarrollando una economía social de mercado con el más avanzado sistema de protección social, y la más formidable unión política de la diversidad de veintiocho historias con idiomas y culturas diferentes (Jáuregui, 2017). A este último respecto, valga como ejemplo el apoyo de la Comisión en 1976 a la diversidad idiomática europea reflejado en el primer Plan de Acción para la transferencia de información entre lenguas, visto en capítulos anteriores.

En suma, con las inquietantes declaraciones de Bauman, Garton Ash, Guirao, Jáuregui, Judt, Juncker, Habermas, Hollande, Merkel, Moreno y Pélabay, entre otras, no es de extrañar que «Europa necesita un nuevo relato con premura» (Garton Ash, 2011 pág. 157). Una historia que de nuevo nos ilusione. Pero mientras tanto se rearmen las narrativas de cohesión social, y quizá evocando al escritor checo Milan Kundera, los historiadores Moreno y Núñez (2017) reflexionaban acerca de que mientras llega ese revulsivo relato, tal vez los europeos deberíamos acostumbrarnos a una *soportable levedad* de Europa, expresión que interpretamos aquí como una llevadera ligereza del valor social de la solidaridad, y que parafraseando a Friedrich Nietzsche en su obra *La Gaya Ciencia*, pudiera ser para la Unión Europea *la carga más pesada*.

Parece incuestionable, pues, que entre los pensadores con vocación europeísta, la UE necesita una nueva narrativa que la impulse con fuerza de nuevo al futuro y genere «Más Europa⁷», es decir, un ideal o una intuición que no está definida con claridad, de manera que da pie a múltiples interpretaciones, pero que debe servir para guiar la ampliación y la integración europea basada en los valores y normas de la Unión. Una integración que, en cualquier caso, significa una merma en las soberanías de los Estados miembros. Para el Comité Económico y Social Europeo, «Más Europa» se refiere a una Europa cuyos elementos se refuercen mutuamente y sea más fuerte que la suma de sus partes, dotada de una unión monetaria acompañada de una unión política con acciones coherentes sobre la economía, las finanzas, el empleo y el ámbito social a favor de los ciudadanos en la que participe activamente la sociedad civil (2013/C 11/01).

Sin embargo, para otros autores como el politólogo Benedict Anderson (1993), la nueva narrativa de «Más Europa», quizá no sea otra cosa que un nuevo intento por construir un imaginario basado en las ideas de cohesión histórica y cultura heredada del siglo XIX. En

⁷ El término «Más Europa» podemos rastrearlo hasta el 3 de junio de 1988 en un documento de la Comisión de las Comunidades Europeas sobre el mercado interior de la energía en el que se hace eco de la carencia de un mercado común europeo de la energía (COM/1988/238).

opinión de Jáuregui, es necesario forjar un *demos* europeo, y fortalecer la narración europeísta y comprometer a la ciudadanía del siglo XXI con un relato, con unos objetivos y desafíos que integren más a Europa. Asimismo, es necesario que los jóvenes estudien historia europea, que conozcan sus instituciones y construyan su mundo universitario y laboral sobre la base del territorio común. Se hace necesario también fortalecer la democracia, la defensa, el comercio y los medios europeos de comunicación⁸, pero que así y todo, la Unión Europea es, en definitiva, una historia de éxito. En una línea similar de pensamiento discurría Habermas (2012) cuando afirmaba que el proyecto europeo había logrado el éxito respecto a lo que fue su objetivo fundacional al haber desterrado del horizonte político un conflicto armado entre Francia y Alemania.

Una historia europea que cabalga a lomos de los relatos de paz y prosperidad, que se beneficia de la gran diversidad de culturas, y cuyos valores se fundan en la legislación internacional sobre Derechos Humanos y en la Carta de los Derechos Fundamentales de la UE proclamada en Niza en el año 2000. Valores que se sustentan en la dignidad humana, libertad, igualdad, solidaridad, justicia, paz, diversidad, y en los principios del Estado democrático de derecho que sitúan a las personas en el centro de su actuación. Una historia que para algunos autores, a pesar de ser exitosa, a veces no se ha cumplido adecuadamente, como en la emergencia humanitaria de los éxodos causados por las guerras que han mostrado la insolidaridad y la ineficacia de la respuesta europea.

Tanto es así, que todavía mantenemos en nuestro recuerdo las imágenes de los refugiados cruzando los Balcanes mientras las puertas de la UE se cerraban, así como el vergonzoso acuerdo económico con Turquía para que impidiera el paso de refugiados, además del grave incumplimiento por los Estados miembros del programa comunitario de reubicarlos. Estos

⁸ Las sesiones informativas de la Comisión permiten a más de mil periodistas acreditados hacer preguntas sobre las políticas y la toma de decisiones de la UE. Sin embargo, la perspectiva que ofrecen los medios de comunicación acreditados en Bruselas suele resultar eclipsada o marginada por las noticias presentadas a través del prisma nacionalista de los Estados miembros (COM/2019/218).

hechos indignos e insolidarios han puesto en evidencia la ausencia de una política coordinada que salvaguarde los derechos de las personas abandonadas a su suerte. Sin embargo, y a pesar de este panorama tan abrumador, la llevadera ligereza de la solidaridad europea que mencionábamos, queda reflejada en la *soportable levedad* que, no obstante, para el presocrático Parménides de Elea era positiva, y que a nosotros nos lleva a interpretar que los problemas deben encararse siempre como oportunidades de cambio y mejora. Oportunidades como las que pueden revelarse en una nueva narrativa capaz de generar un imaginario sociotécnico⁹ que impulse una Europa unida en la diversidad. Recordaremos que esta idea fue aludida en el Proyecto de Tratado de 2004 por el que se aspiraba a establecer una Constitución para Europa, y en el que se afirmaba que la Unión Europea era una entidad descentralizada formada por una Unión de Estados y ciudadanos que no se convertiría en un *superestado* centralizado y todopoderoso, siendo su emblema: «Unidad en la diversidad».

La creación de la Comunidad Europea fue, en cierto modo, fruto de la necesidad. Su desarrollo se fundamentó en una narrativa basada en valores como los de la paz, la solidaridad, la reconciliación y los principios de los Estados democráticos. Una narrativa de naturaleza ética y política que, junto a la libre circulación de personas en un espacio con moneda única, la ciudadanía compartida y la amplia cooperación científica y tecnológica, parece haber quedado en parte superada en el imaginario colectivo de los europeos. En este sentido, el diseño de la estrategia industrial y tecnológica «AI Made in Europe», más allá de considerar a la IA como una tecnología estratégica y aspirar a configurar una IA ética, segura y centrada en el ser humano, constituye una narrativa tecnológica y humanista que ambiciona impulsar la integración de Europa. Un relato que tiene que ver con *una forma de hacer las cosas*, esto es, con un estilo tecnológico de la IA, la RA y el BD que justificaremos a continuación. En definitiva, una apuesta por reavivar el deseo de «Más Europa» unida en la diversidad.

⁹ Son formas imaginadas colectivamente de vida y orden social reflejadas en el diseño y la realización de proyectos científicos y tecnológicos nacionales específicos (Jasanof, 2009).

PARTE TERCERA

LA COMPARACIÓN DE LOS CONTEXTOS teórico y empírico resuelven la existencia del Sistema Tecnológico Europeo Digital Avanzado y del estilo tecnológico asociado.

Otros resultados no menos importantes conducen a las conclusiones finales que nos encarrilan al epílogo.

13) RESULTADOS Y CONCLUSIONES

13.1) Resultados

LA INVESTIGACIÓN DE ESTA TESIS DOCTORAL CONFIRMA que las tecnologías digitales avanzadas de la IA, la RA y el BD, constituyen un Sistema Tecnológico de gran escala que contribuye a comprender el proceso de integración europea. Un sistema con un marco de valores éticos y culturales que impregnan la estrategia «AI Made in Europe», que ha originado la semilla de un estilo tecnológico de la IA, la RA y el BD genuinamente europeo. Por otra parte, se ha constatado la existencia de un marco jurídico para el BD que afianza la economía de los datos europea, y unas recomendaciones éticas para la IA y la RA en la que hemos detectado alguna carencia significativa. Algunos de los resultados obtenidos que desarrollaremos a continuación son los siguientes:

- Sistema Tecnológico Europeo Digital Avanzado
- Estilo Tecnológico STEDA
- Tecnologías digitales avanzadas como motor y narrativa de la integración de la UE
- Marco jurídico para el BD
- Marco ético para la IA y la RA

Sistema Tecnológico Europeo Digital Avanzado

A continuación, demostraremos que el sistema tecnológico formado por la IA, la RA y el BD en la UE constituye un Sistema Tecnológico de gran escala (Large Technological System). Para ello, efectuaremos la comparación cualitativa entre los conceptos de clase del contexto teórico de los Sistemas Tecnológicos de gran escala definidos en el capítulo 2, frente a los elementos clave de las evidencias recabadas en la parte segunda de esta tesis doctoral en donde se revela la existencia de un gran número de componentes y una gran complejidad en sus interrelaciones, y un ciclo de vida identificable.

Tal y como hemos podido comprobar, los componentes del sistema tecnológico han dado lugar a abundantes interrelaciones de una gran complejidad. Entre ellos encontramos agrupaciones, foros y asociaciones como el Grupo de Expertos de Alto Nivel de IA, AI4People, AI for Good, EGE, JRC, SPARC, euRobotics y BDVA, así como componentes procedentes del ámbito político (Estados miembros y Parlamento Europeo), del técnico (traducción automática y supercomputación en la nube), del social (desinformación y desempleo tecnológico), del industrial (polos de innovación digital y nuevas profesiones), del científico (medicina digital y ciencia abierta), del económico (plataformas digitales y economía de los datos), del jurídico (directivas y reglamentos), y del ámbito ético (el llamamiento de Human Rights Watch sobre las armas autónomas y las recomendaciones éticas del AI-HLEG).

Con respecto al ciclo de vida de la IA, la RA y el BD, consideramos que el estadio inicial (invención, desarrollo e innovación) se inició en los años cincuenta del siglo XX con la invención del concepto de aprendizaje automático por Alan Turing y del diseño de un algoritmo de machine learning por Arthur Samuel. Si bien durante la década de los años ochenta del siglo XX se introdujo la noción de sistema experto, fue en los albores de la segunda década del siglo XXI con la estrategia Europa 2020 y la Agenda Digital cuando en el año 2010 se inició lo que podríamos considerar la fase de desarrollo del sistema tecnológico de la IA, RA y BD, mientras que la puesta en marcha siete años después del sistema de

traducción automática eTranslation, permitiría hablar de una fase de innovación. Ambas fases siguen en curso tal y como lo demuestran múltiples proyectos de investigación en marcha como Cyberleg++ y Coroma, y las solicitudes de patentamiento.

Respecto al estadio inercial (crecimiento, competencia y consolidación), la mayoría de los estudios coinciden en que el crecimiento se produjo a partir de la segunda mitad de la segunda década del siglo XXI con un fuerte aumento en los grandes sistemas técnicos informacional y transaccional aplicados al sector *retail* (Expansión, 2017) (BBVA, 2019) (Capgemini, 2020) (McKinsey, 2020). Además, sumamos razones por el incremento en las inversiones combinadas del sector público y privado con el Programa Marco Horizonte 2020, y por el número de empresas de datos con un alto crecimiento tomando como referencia el año 2016 en que se contabilizaron 254.850 en la UE (IDC, 2017) (UE, 2017) (COM/2018/232). Por su parte, la fase de competencia corre en paralelo a la de crecimiento debido a que las pymes representan el 99% de las empresas europeas (UE, 2019e).

En suma, entre las fases de invención y desarrollo transcurrieron seis décadas, un periodo sensiblemente superior a otras tecnologías de propósito general citadas, mientras que solo se sucedieron unos pocos años entre la fase de desarrollo y las fases de innovación, crecimiento y competencia (que siguen activas), por lo que el desfase entre el desarrollo y el uso generalizado de muchas de las tecnologías de la IA se sitúa en alrededor de diez años, y confirma la aceleración del cambio tecnológico con el que se especulaba en el capítulo 9. Por lo tanto, los dos estadios de evolución del ciclo de vida concurren en la segunda mitad de la segunda década del siglo XXI con la excepción de las fases de invención y consolidación. Esta última está por llegar, por lo que el sistema de IA, RA y BD es joven y no ha alcanzado aún la madurez, es decir, el momentum tecnológico que le confiere estabilización e inercia. Sin lugar a dudas, tal y como hemos probado, el sistema tecnológico de la IA, la RA y el BD entendidos como un todo, constituye un Sistema Tecnológico de gran escala, que le dispensamos la denominación de Sistema Tecnológico Europeo Digital Avanzado (STEDA).

Estilo Tecnológico STEDA

En cuanto al estilo tecnológico (estadio de adaptación) pudiéramos mediante funambulismo retórico apoyarnos en el RGPD y en el Reglamento de datos no personales para justificar su existencia, dado que abarca aspectos como los geográficos, sociales, económicos y políticos, así como la fuerza de los factores culturales; mas no nos parece suficiente para defender la existencia de un estilo de las tecnologías digitales avanzadas, porque estos reglamentos solo inciden sobre el BD. Sin embargo, las directrices de la Comisión sobre una «AI Made in Europe» ética, segura y centrada en el ser humano, aluden al modo de pensar y usar los sistemas de IA desarrollados en la UE y aquellos que fueran elaborados en cualquier otro país siempre y cuando se desplieguen en la Unión. Directrices al servicio del bien común que desarrolladas y ampliadas con los puntos de vista aportados por el Grupo de Expertos de Alto Nivel en IA, quedaron reflejadas en la expresión «IA fiable para Europa», que induce un estilo tecnológico de la IA que apunta también al modo de diseñar, producir y evaluar tecnología.

Ciertamente, para la Comisión, la IA es la piedra angular sobre la que se asienta la estrategia «AI Made in Europe» en la que se contemplan incluidas las tecnologías de la RA y el BD, porque sin las cuales la IA no podría realizarse en una tecnología efectiva para la sociedad, tal como hemos demostrado en el capítulo 3. Es por esto, que en el Sistema Tecnológico Europeo Digital Avanzado subyace un estilo tecnológico de la IA, la RA y el BD, que acuñamos como Estilo Tecnológico STEDA. Un estilo todavía incipiente, pero que contiene la semilla de una potente narrativa humanista y tecnológica para impulsar la cohesión de las gentes europeas, puesto que abarca algunos de los elementos necesarios para alcanzarlo¹. Sumamos a favor de estas cuestiones tecnológicas la evidencia que demostraremos en el epígrafe siguiente de que las TIC y las tecnologías digitales avanzadas han sido un motor y una narrativa europeísta.

¹ (Véase el Epílogo).

Tecnologías digitales avanzadas como motor y narrativa de la integración de la UE

Los programas de investigación, desarrollo e innovación tecnológica (I+D+i) de la IA, la RA y el BD, han contribuido junto a las TIC con las que están inseparablemente vinculadas, a impulsar una estrecha colaboración entre Estados miembros y terceros países europeos. Esta afirmación se sustenta en la importancia económica y el elevado número de proyectos financiados por la UE. Proyectos que fomentaron la cooperación entre instituciones y empresas en esos ámbitos y que han apoyado la comunicación y la cohesión de las personas involucradas en los trabajos. Los programas más relevantes fueron los tres siguientes: el Plan de Acción para la mejora de la transferencia de información entre lenguas europeas, el Programa ESPRIT, y los Programas Marco de investigación y desarrollo tecnológico.

Respecto al primero, la Comisión aprobó en 1976 el proyecto SYSTRAN dentro del programa Plan de Acción para la mejora de la transferencia de información entre lenguas europeas. Se llevó a cabo entre 1977 y 1979 con el objetivo de efectuar traducciones informatizadas entre alemán, neerlandés, italiano, francés, inglés y danés. A este proyecto que involucró a seis Estados miembros le siguió un segundo denominado EUROTRA, que en cuatro fases se extendió entre 1980 y 1992. Los proyectos de traducción automática son un buen ejemplo para la comunicación entre europeos, no solo a nivel institucional sino también empresarial. En cuanto al segundo, en 1982 la Comisión aprobó el programa ESPRIT que fue concebido para promover actividades de investigación y desarrollo en el sector de las TIC por medio de proyectos realizados en colaboración entre Estados miembros. Se sucedieron cinco fases entre 1983 y 1998 en las que en total se aprobaron 2.928 proyectos, de ellos cincuenta relacionados con la IA. En 1983, el Consejo estableció el tercero de los programas más relevantes de la UE: los Programas Marco de investigación y desarrollo tecnológico. Programas que estructuran y proporcionan financiación a las iniciativas en investigación y desarrollo a los Estados miembros, siendo la principal iniciativa de fomento y apoyo a la I+D+i. Los proyectos lanzados en estos Programas, del que un buen ejemplo es AI4EU que une a setenta y nueve empresas en veintiún países, tienen como principal objetivo la mejora

de la competitividad mediante la financiación de actividades de investigación, desarrollo, demostración e innovación entre empresas e instituciones pertenecientes a Estados miembros y terceros países. El primer Programa Marco se estableció entre 1984 y 1987, y hasta el 2020 se han sucedido ocho Programas en los que se invertirán más de 180.000 millones de euros, de los cuales una parte muy importante corresponden a proyectos TIC y de IA, RA y BD. En este sentido, queremos recalcar la importancia de las plataformas y asociaciones tecnológicas y empresariales vinculadas a la IA, la RA y el BD, como DIH_HERO, HPC, BDVA, SPARC, SPIRE, euRobotics y Connecting Europe Facility in Telecom, porque contribuyen a la construcción del Mercado Único Digital, y por consiguiente son un acicate para la integración y cohesión europea.

En suma, en las últimas décadas, las TIC junto a la IA, la RA y el BD, han sido un motor tecnológico de la cooperación europea. El Plan de Acción para la mejora de la transferencia de información entre lenguas europeas, más el Programa específico para las TIC y los Programas Marco de investigación y desarrollo tecnológico, han fomentado con las plataformas y asociaciones tecnológicas de la IA, la RA y el BD, un trabajo conjunto de colaboración y cooperación humana que indudablemente ha contribuido a reforzar la cohesión y la integración de la UE. Un esfuerzo europeo que justifica la afirmación de que junto a la Agenda Digital, el Mercado Único Digital, las legislaciones sobre los datos personales y los no personales, la construcción de la economía de los datos, la estrategia «AI Made in Europe» y la propuesta ética «IA fiable para Europa», han conformado las bases principales de la política tecnológica digital de la UE.

Un esfuerzo que podemos evocar en algunas narrativas representadas por declaraciones y citas como las que recordaremos a continuación, y en las que advertimos dos fenómenos relevantes. Por una parte, la segunda mitad de la segunda década del siglo XXI refleja una gran actividad de los organismos de la UE que se corresponde precisamente con varias fases concurrentes de los tres estadios del ciclo de vida de STEDA (desarrollo, innovación, adaptación, crecimiento y competencia), y por la otra, que las tecnologías digitales tienen en

la mayoría de las veces implicaciones positivas antes que negativas (Krijgsman, 2018). Pongamos como ejemplo la IA ética con la sostenibilidad frente a la superinteligencia con el fin de la humanidad.

(1976) La traducción automática de idiomas la podemos reconocer en la idea de que la variedad idiomática europea es una valiosísima herencia cultural que debemos recuperar y proteger porque representa la historia de la civilización de Europa.

(1977) Procesos tecnológicos revolucionarios y aparentemente visionarios como los involucrados en inteligencia artificial o ingeniería genética, se están convirtiendo en realidades. Debemos prepararnos ahora para las realidades del mañana.

(1994) La mejora de los procesos industriales debe abordarse teniendo en cuenta las tecnologías basadas en la IA con un enfoque de innovación sostenible y tomando en consideración los factores humanos. Las técnicas de inteligencia artificial para el manejo de información simbólica han alcanzado un grado de aplicabilidad, tal que justificaría una investigación detallada de las posibilidades de aplicarlas a la traducción automática.

(2010) El año 2010 debe marcar un nuevo principio [...]. La crisis es una llamada de atención, el momento de reconocer que dejar que las cosas sigan igual nos relegaría a un declive gradual, a la segunda fila del nuevo orden global [...]. Europa necesita volver a encontrar el rumbo y mantenerlo. Ese es el propósito de Europa 2020.

(2015) Necesitamos tener el valor de abrir los compartimentos nacionales de regulación de las telecomunicaciones, de derechos de propiedad intelectual y de legislación sobre protección de datos, de gestión de las ondas de radio y de aplicación del Derecho de la competencia.

(2017) Que las máquinas continúen siendo máquinas y los humanos conserven en todo momento el dominio sobre ellas.

(2018) Los datos constituyen un activo cada vez más imprescindible para el desarrollo de nuevas tecnologías como la IA y el internet de las cosas.

(2018) La IA está contribuyendo a que el sector industrial europeo resulte más eficiente y a que la fabricación vuelva a Europa, de suerte que la IA sería la principal impulsora del crecimiento económico y productivo, y además contribuiría a la sostenibilidad de la base industrial de la UE.

(2018) Una estrategia industrial y tecnológica «AI Made in Europe» que respalda una IA ética, confiable y centrada en el ser humano.

(2018) Toda persona europea tiene derecho a la protección de datos de carácter personal que le conciernan; y deben abolirse en la UE los obstáculos injustificados a la libre circulación de datos de carácter no personal.

(2019) Una cultura de «IA fiable para Europa» en la que la tecnología no socave la autonomía humana; y que la UE desempeñe un papel de liderazgo en el desarrollo de directrices internacionales sobre IA.

Además, la alta concentración de narrativas en el periodo mencionado de la segunda mitad de la segunda década del siglo XXI, concuerda con la suma de publicaciones de las instituciones de la UE. Tal como avanzábamos en la sección de Material y Métodos de esta tesis doctoral, entre el 30 de junio de 1977 en que aparece el primer documento donde se menciona la IA en el Diario Oficial de la UE y hasta el 31 de diciembre de 2019, recuperamos por fecha de documento un total de 492 publicaciones con el término “artificial intelligence”, de las cuales el 83% se sitúan entre 2017 y 2019.

Marco jurídico para el big data

Los marcos jurídicos estudiados han sido los relativos a productos defectuosos, sector de las máquinas, datos personales y datos no personales. En cuanto a los dos primeros quedó demostrado que tanto la Directiva de 1985 sobre productos defectuosos, como la relativa al sector de las máquinas de 2006, afectaban a productos tangibles que carecían de cualquier tipo de inteligencia, y por lo tanto no eran de aplicación en los sistemas provistos de algoritmos de aprendizaje automático. Por lo que respecta al marco jurídico de datos personales establecido en el Reglamento General de Protección de Datos aprobado en 2016, y al marco jurídico sobre los datos no personales establecido en el Reglamento para la libre circulación de datos no personales aprobado en 2018, ambos abordaban la problemática de la responsabilidad y la seguridad del BD, pero en absoluto las referidas a los agentes inteligentes como los softbots y la robótica autónoma que en los reglamentos no llegaron siquiera a ser mencionadas.

Lo diremos de otro modo, no se abordó su regulación por lo que la responsabilidad legal quedó desatendida, dejándolo todo en manos del principio generalizador de que las máquinas continúen siendo máquinas y los humanos conserven en todo momento el dominio sobre ellas. En consecuencia, los softbots no están facultados legalmente para recetar medicamentos o emitir bajas y altas laborales sin supervisión humana. Es decir, los diseños normativos legales de la responsabilidad por los daños que pudieran causar (ya fueran del fabricante o del softbot en cuanto *persona electrónica*) quedaron pendientes de respuesta. Quizá fuera porque nadie sabe con certeza si la IA llegará a adquirir una autonomía elevada a medida que se produzcan avances en los algoritmos, o porque tal posibilidad se vislumbra lejana y se ignoró, o incluso, porque se considera todavía inabordable en la lógica de las éticas tradicionales o convencionales de los humanos. Lo cierto es que uno de los grandes retos que se deberán afrontar, más pronto que tarde, se refleja en la problemática de la responsabilidad de la IA.

Una problemática que además de afectar a las normas éticas y jurídicas puede cuestionar al propio principio de la IA centrada en el ser humano, pues como ya avanzábamos, este principio antropocéntrico considera a los robots autónomos como cosas destinadas para un mero uso de los humanos, al igual a como se valoraba hasta hace bien poco a los animales. Un antropocentrismo que podemos denominar como fuerte, y que refleja las perspectivas éticas clásicas. Quizá habría que distinguir entre un antropocentrismo fuerte y otro, digamos, blando, por el que los softbots y robots autónomos más avanzados, tal como pudieran ser los destinados a cuidados asistenciales, se les pudiera otorgar algún tipo de personalidad jurídica electrónica.

Concluimos diciendo que los dos reglamentos que atañen tanto a los datos personales como a los datos no personales, constituyen un marco jurídico de aplicación en el BD. Unos marcos normativos que son imprescindibles, por ejemplo, para entrenar modelos de IA en medicina y para el desarrollo de la economía de los datos. También se confirmó la falta de una normativa jurídica sobre la responsabilidad de los agentes inteligentes de la IA y la RA, dado que el marco vigente no contempla estas tecnologías como posibles responsables de las acciones u omisiones que causaran daños a personas y bienes. Por consiguiente, la laguna en la legislación específica sobre la responsabilidad objetiva de la IA y la RA, podría limitar o retrasar el desarrollo y la innovación en ámbitos como la medicina digital y los sistemas de conducción autónoma de vehículos.

Marco ético para la inteligencia artificial y la robótica autónoma

En el punto anterior hemos constatado que no se han abordado normativas jurídicas sobre la responsabilidad de los agentes inteligentes. No obstante, en 2018 la Comisión fundó el Grupo de Expertos de Alto Nivel en IA y les encargó redactar unas directrices éticas y jurídicas con el propósito de apoyar la puesta en marcha de la estrategia europea. Una estrategia que había quedado previamente manifestada en la expresión «AI Made in Europe» que alude a la concepción de una IA ética, segura y centrada en el ser humano. Sin embargo, aunque el personal de la Comisión colaboró en la elaboración de las directrices, los puntos de vista expresados en el documento reflejan la opinión del Grupo de Expertos y en ningún caso se consideraría que representan una posición oficial de la Comisión Europea.

El Grupo de Expertos elaboró las directrices éticas en 2019 sobre una IA fiable en las que como era preceptivo seguían las orientaciones marcadas por la Comisión. Se pretendía aplicar las directrices tanto a los sistemas de IA desarrollados y utilizados en los Estados miembros, como a los sistemas producidos en otros lugares del mundo que se desplegasen en la UE. Además, expresaron que su aspiración era que las directrices también resultasen enriquecedoras en los debates éticos internacionales, y así fue. Asimismo, su objetivo era diseñar una cultura de IA fiable en la que sus beneficios llegaran a toda la ciudadanía garantizando el respeto de los valores fundacionales de la UE, los Derechos Fundamentales y el Estado democrático de derecho. El resultado de su trabajo fue la «IA fiable para Europa» que se constituyó con cuatro principios fundamentales, dos de naturaleza ética: el respeto de la autonomía humana y la equidad, y dos técnica: explicabilidad y prevención del daño físico y mental. Ambos resuelven muchas de las preocupaciones que se plantean como la identificación de personas mediante IA, los sistemas de IA encubiertos como los chatbots y la evaluación de las personas que puede dar lugar a una pérdida de la autonomía humana y poner en peligro el principio de no discriminación.

En suma, la UE tiene a su disposición desde abril de 2019 unas directrices éticas, es decir, una normativa de asunción optativa y no vinculante jurídicamente. En cualquier caso, rememorando las palabras de Franz Timmermans cuando se refería a que el mundo digital avanzaba más deprisa que el debate ético, quizá las directrices para una «AI Made in Europe» podrían contener la semilla que en un futuro podría germinar en la regulación jurídica de la IA y la RA.

13.2) Conclusiones

Presentábamos este trabajo de investigación histórica anunciando el propósito de comprender cómo se había construido socialmente la IA, la RA y el BD en Europa entre 1950 y 2019. Setenta años de historia en donde las cuestiones centrales consistían en averiguar la existencia de un Sistema Tecnológico de gran escala y de un estilo tecnológico de la IA, así como de alguna narrativa que hubiera influido en el proceso de integración europea.

Una vez analizadas las evidencias, los resultados no dejaron lugar a dudas: la IA, la RA y el BD como un todo, constituyen un Sistema Tecnológico de gran escala en el contexto de la UE, que denominamos Sistema Tecnológico Europeo Digital Avanzado (STEDA). Un sistema enmarcado entre la fase de invención de su ciclo de vida que podemos establecerla en octubre de 1950 con la publicación del concepto de aprendizaje automático de las máquinas por Alan Turing, y la fase de consolidación, que aún está por llegar. Por su parte, la fase de desarrollo que emergió en los albores de la segunda década del siglo XXI se solapa y corre en paralelo con las fases de innovación, crecimiento y competencia surgidas unos años después, en la segunda mitad de la misma década. Como la fase de consolidación no se ha dado, concluimos que STEDA es un sistema joven que no ha alcanzado la madurez, es decir, el momentum tecnológico que le confiere estabilización e inercia.

Queremos subrayar la alternativa de considerar el inicio de la fase de desarrollo en la década de los ochenta del siglo XX tomando como definición de la IA la aproximación *top-down* de sistemas expertos. Sin embargo, en esta tesis nos hemos decantado por la aproximación *bottom-up* de aprendizaje automático que está en línea con los criterios del Grupo de Expertos de Alto Nivel en IA. No obstante, ambos enfoques sirvieron para cohesionar a los europeos mediante proyectos conjuntos de los Estados miembros. Sea como fuere, STEDA facilita la comprensión y la narración de una historia de la Comunidad Europea que integra

las perspectivas de la ciencia médica, tecnología, industria, economía, legislación, ética y política².

Por su parte, la construcción de un estilo tecnológico de la IA ha estado marcado por la estrategia industrial y tecnológica «AI Made in Europe» de 2018 relativa a una IA ética, segura y centrada en el ser humano y enriquecida en 2019 por el Grupo de Expertos de Alto Nivel en Inteligencia Artificial con la noción de IA fiable. Un Estilo Tecnológico STEDA fundamentado en valores humanos y ecológicos que se encuentra aún en estado embrionario, pero que contiene la potencia suficiente para generar una novedosa narrativa humanista para construir «Más Europa» unida en la diversidad. Evidentemente, cómo convertir la potencialidad en realidad sobrepasa el alcance de esta tesis doctoral, si bien, puede originar algún trabajo de investigación, y para ello apuntamos algunas ideas en el Epílogo de esta tesis por si pudieran ser de utilidad.

Hemos identificado también una narrativa tecnológica que influyó en el proceso de integración europea. Una narrativa asistida por las TIC y por los conceptos de IA, que en las últimas cinco décadas ha sido un motor de la colaboración y cooperación tecnológica europea, dado que tanto el Plan de Acción para la mejora de la transferencia de información entre lenguas y el Programa específico para las TIC, como los Programas Marco de investigación y desarrollo tecnológico, y las plataformas y asociaciones tecnológicas, han fomentado la cooperación entre la ciudadanía, las instituciones y las empresas de los Estados miembros.

A lo largo de esta tesis doctoral se ha ido respondiendo al cómo, dónde, cuándo y porqué de muchas de las elecciones tecnológicas que tuvieron lugar en la UE. Por ejemplo, retomando las cuestiones planteadas en la Introducción, la Comisión se decantó por promover la traducción automática de idiomas en la década de los setenta del siglo XX por dos motivos. El primero, para mantener la herencia cultural del continente, una herencia invaluable que

² (Véase Anexo H).

reflejaba la variedad de antecedentes culturales de los pueblos europeos, y el segundo, para incrementar la eficiencia en los procesos de traducción con el objetivo de reducir los costes mediante la utilización de sistemas informáticos. Aun cuando en términos de alcance de objetivos tanto el proyecto SYSTRAN como su sucesor EUROTRA resultaron fallidos, no por ello dejan de tener una importancia extraordinaria. SYSTRAN fue el primer proyecto de informatización de instituciones públicas de la UE, hecho que quizá abrió el camino para el impulso presupuestario a proyectos de investigación y desarrollo en el sector de las TIC con el programa ESPRIT. Con respecto al porqué se incorporó la IA en los sistemas de traducción, resultó que a mediados de la década de los noventa emergió una anomalía presunta, que apuntaba a que el sistema de traducción automática con informática convencional usado hasta el momento, comenzaría a manifestar deficiencias técnicas insalvables y colapsaría al aumentar el número de idiomas a traducir, por lo que se hacía necesario desarrollar un nuevo paradigma tecnológico basado en el aprendizaje automático. Sin embargo, no fue hasta noviembre de 2017 cuando se incorporó la IA con la plataforma digital eTranslation que realiza traducciones en línea para las administraciones públicas y las pymes. Este hecho facilita la posibilidad técnica eficiente de incorporar las lenguas no oficiales a la vida política, con lo que podrían darse los primeros pasos para evitar la posible extinción de las más vulnerables, y por ende, mantener el acervo de la diversidad lingüística y cultural perseguido por la Comisión desde los orígenes de la Comunidad Europea.

Otra cuestión que planteamos se dirigía a dirimir la responsabilidad de la *Doctora Robot* en sus posibles errores en el diagnóstico y el tratamiento médico. La responsabilidad de los softbots y los robots autónomos quedó desatendida en la propuesta de marco ético y legal de la IA elaborada por el Grupo de Expertos de Alto Nivel en IA, y en consecuencia, por defecto se deben aplicar los principios éticos generales. Quizá fuera como ya apuntábamos, que nadie sabe con certeza cuál será su evolución en un futuro, o porque se considera que la solución está todavía fuera del alcance de la lógica convencional o de las costumbres de los humanos.

En cuanto a la tercera cuestión acerca de la existencia de algún marco jurídico o ético que regule estas tecnologías, lo cierto es que para el BD existen unos marcos normativos legales que abordan las cuestiones de la responsabilidad y la seguridad de los datos mediante el Reglamento General de Protección de Datos y el Reglamento sobre datos no personales. Sobre la problemática que acarrea el despliegue de la IA y la RA, la solución quedó orientada con el principio antropocéntrico de la IA centrada en el ser humano, y el de que las máquinas continúen siendo máquinas y los humanos conserven en todo momento el dominio sobre ellas. Y en esta línea de pensamiento, el Grupo de Expertos atendiendo a las directrices de la Comisión Europea, recomendó los componentes éticos de una IA fiable. La UE dispuso, pues, de un marco ético para la IA y la RA que aunque incompleto en algunos aspectos, debería ser suficiente para cubrir las necesidades sociales que se vislumbraban allá por el año 2019 para la tercera década del siglo XXI. No obstante, queremos subrayar la oportunidad de reflexionar acerca de la idea del antropocentrismo blando de la IA, dado que puede dar lugar a un trabajo de investigación de naturaleza filosófica y científica.

Por último, en lo referente a la relación de la Unión Europea con otras potencias, los Estados Unidos y China lideran el desarrollo y la innovación en la economía de los datos, mientras que Europa es una potencia en la fabricación y uso de la robótica convencional, lo que la sitúa en una posición ventajosa para abordar con éxito la robótica autónoma. Al mismo tiempo, ha mostrado con estrategias industriales y tecnológicas y con reglamentaciones sobre datos, encontrarse fuerte para competir con total solvencia contra el puñado de gigantes tecnológicas americanas y chinas, tanto desde la agilidad de las pymes y la robustez y eficiencia de las grandes empresas europeas, como de los valores humanos, sociales y ecológicos. Una combinación ganadora para construir «Más Europa» unida en la diversidad.

14) EPÍLOGO

LAS CAVILACIONES SUSCITADAS DURANTE EL CAMINAR EN ESTE TRABAJO nos reafirmaron en la idea de que el incipiente Estilo Tecnológico STEDA asociado al Sistema Tecnológico Europeo Digital Avanzado, contiene una poderosa narrativa Humanista Tecno-Inteligente integradora de pueblos, naciones y Estados europeos. Un estilo de hacer las cosas que inicia su andadura pertrechado con los valores apropiados para forjar «Más Europa». Valores irrenunciables como la dignidad humana, libertad, igualdad, solidaridad, justicia, paz y diversidad, sustentados por la Declaración Universal de los Derechos Humanos de la ONU y por la Carta de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea. Obviamente, el desarrollo del Estilo Tecnológico STEDA es un asunto de gran calado y no es objeto aquí hablar en profundidad de él, pero en todo caso ofrecemos unas orientaciones mediante unas analogías, por si pudieran servir en próximas investigaciones científicas.

En una entrevista con la presidenta del Banco Central Europeo, Christine Lagarde, el historiador Yuval Noah Harari reflexionaba sobre su último gran éxito editorial acerca de que para lograr que la gente coopere o se aúne, se la debe convencer para creer en un relato compartido [ya sea *real* o ficcional] (FMI, 2018). La argumentación hacía referencia al deporte de competición. Si se quiere que veintidós personas jueguen al fútbol, es necesario que todas ellas estén de acuerdo en una narrativa por la que se acepten una serie de principios y normas comunes, por ejemplo, para qué es el fútbol, cuáles son las reglas, cuáles son los objetivos, qué está permitido y qué no. Ahondando en su libro, *21 Lessons for the 21st century*, Harari sostiene que todas las historias están incompletas, y que para construir una identidad viable y dar sentido a la vida no se necesita una narración completa sin puntos ciegos ni contradicciones internas, sino satisfacer dos condiciones fundamentales: primera, debe darse algún papel a desempeñar a los individuos, puesto que al igual que a las estrellas de cine, a todos los humanos les gustan los guiones que reservan algún papel relevante para

cada uno de ellos; y segunda, mientras que una buena narración no necesita extenderse hasta el infinito, sí que debe ir más allá de los horizontes físicos que imagina cada persona, es decir, debe proporcionar una identidad y un sentido de la vida al trascenderla en algo mayor a ella misma.

Los últimos párrafos sugieren que el desarrollo del Estilo Tecnológico STEDA, podría convertirse en una novedosa y atrayente narrativa para contribuir a forjar «Más Europa» unida en la diversidad. Una narrativa potencialmente exitosa acorde con el contexto europeo, dado que combina tres elementos fundamentales. Por un lado, se percibiría con facilidad por contraste con otras regiones del planeta como los Estados Unidos y China, que se caracterizan por ostentar visiones y utilidades de las tecnologías digitales avanzadas bastante diferentes. Por otro, la IA es un desafío de futuro con enorme trascendencia en las próximas décadas en múltiples ámbitos de la vida, y un buen ejemplo de ello es el desempleo tecnológico. Y tercero, el Estilo Tecnológico STEDA puede convertirse en un relato donde el protagonista fuera la ciudadanía, que hastiada de los históricos conflictos fratricidas europeos, trascienda definitivamente sus límites geográficos y conduzca desde la Vieja Europa nacida de la Grecia clásica de las diosas y la filosofía natural, la epopeya de un mundo unido en la diversidad.

Para ir finalizando este apasionante trabajo, esperanzados, parafraseamos la determinación de James Brown (1968): «Say it Loud - I'm European and I'm proud!». Por último, tenemos que confesar, que en varias ocasiones se nos presentó la tentación de entrenar un modelo de machine learning con la información de la base de datos que construimos para esta tesis doctoral. El propósito: comparar los resultados obtenidos por un humano con los elaborados por una IA. Muy probablemente sea una investigación aún prematura, pero atrayente y merecedora de ser acometida en el futuro.

PARTE CUARTA

LA BIBLIOGRAFÍA, el índice de figuras y tablas, y los anexos.

15) BIBLIOGRAFIA e ÍNDICES

15.1) Fuentes primarias

AI-HLEG (2018). Grupo de Expertos de Alto Nivel en Inteligencia Artificial. Draft Ethics Guidelines for trustworthy AI. Recuperado de: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/draft-ethics-guidelines-trustworthy-ai> [Consulta: 01/06/2019]

AI-HLEG (2019a). Grupo de Expertos de Alto Nivel en Inteligencia Artificial. Directrices éticas para una IA fiable. Recuperado de: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai> [Consulta: 01/06/2019]

AI-HLEG (2019b). Grupo de Expertos de Alto Nivel en Inteligencia Artificial. A definición of AI: Main Capabilities and Disciplines. Recuperado de: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/definition-artificial-intelligence-main-capabilities-and-scientific-disciplines> [Consulta: 02/06/2019]

Commission of the European Communities. (1976). Plan of action for the improvement of the transfer of information between the European languages [COM/1976/705 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1569064842846&uri=CELEX:51976DC0705> [Consulta: 03/07/2019]

Commission of the European Communities. (1977). The common policy in the field of science and technology [COM/1977/283 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1566318483003&uri=CELEX:51977DC0283> [Consulta: 03/07/2019]

Commission of the European Communities. (1979). European society faced with the challenge of new information technologies: a community response. [COM/1979/650 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1566319648294&uri=CELEX:51979DC0650> [Consulta: 03/07/2019]

Commission of the European Communities. (1980). Second plan of action for the improvement of the transfer of information between European languages (communication from the commission). The creation of a European Advanced Machine Translation System (EUROTRA) (communication from the commission to the council). [COM/1980/314 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1566319648294&uri=CELEX:51980PC0314> [Consulta: 04/07/2019]

Commission of the European Communities. (1982). Towards a European strategic programme for research and development in information technologies (communication from the commission to the council). [COM/1982/287 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1566319648294&uri=CELEX:51982DC0287> [Consulta: 04/07/2019]

Commission of the European Communities. (1983). The future activities of the Joint Research Centre (Communication from the commission to the council). [COM/1983/0107 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1566404278361&uri=CELEX:51983DC0107> [Consulta: 04/07/2019]

Commission of the European Communities. (1983). Proposal for a Council decision adopting the first European strategic programme for research and development in information technologies (ESPRIT). [COM/1983/258 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1566405404077&uri=CELEX:51983PC0299> [Consulta: 06/07/2019]

Commission of the European Communities. (1983). Proposal for a Council decision adopting a research programme on reactor safety (1984-1987). [COM/1983/299 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1566405404077&uri=CELEX:51983PC0299> [Consulta: 06/07/2019]

Commission of the European Communities. (1984). Draft council decision adopting the 1985 work programme for the European Strategic Programme for Research and Development in Information Technologies (ESPRIT). [COM/1984/608 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1566405404077&uri=CELEX:51984PC0608> [Consulta: 06/07/2019]

Comisión de las Comunidades Europeas. (1988). El Mercado Interior de la Energía. [COM/1988/238 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1601452980376&uri=CELEX:51988DC0238> [Consulta: 07/07/2019]

Comisión de las Comunidades Europeas. (1994). Evaluación final de los resultados de Eurotra, programa específico relativo a la preparación del desarrollo de un sistema Eurotra operativo de traducción automática. [COM/1994/69 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1585670326806&uri=CELEX:51994DC0069> [Consulta: 07/07/2019]

Comisión Europea. (1987). Propuesta de reglamento del Consejo relativo a un programa estratégico europeo de investigación y desarrollo de tecnologías de la información (ESPRIT). [COM/1987/313 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:51987PC0313> [Consulta: 07/07/2019]

Comisión Europea. (1987). Propuesta de reglamento del Consejo para una acción comunitaria en el campo de la tecnología de la información y de las telecomunicaciones aplicadas a la asistencia médica AIM (Advanced Informatics in Medicine in Europe) (informática avanzada en medicina en Europa) (fase piloto). [COM/1987/352 final] (87/C 355/02). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:51987PC0352> [Consulta: 07/07/2019]

Comisión Europea. (1987). Propuesta de reglamento del Consejo relativo a una acción comunitaria en el campo de las tecnologías del aprendizaje delta fase piloto (Developing European Learning Through Technological Advance). [COM/1987/353 final] (87/C 265/03). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:51987PC0353> [Consulta: 07/07/2019]

Comisión Europea. (1988). Primera licitación para actividades de investigación básica de ESPRIT — Programa Estratégico Europeo de Investigación y Desarrollo de la Tecnología de la Información (ESPRIT). (88/C 78/02). Recuperado de https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:JOC_1988_078_R_0002_01&from=ES [Consulta: 08/07/2019]

Comisión Europea. (1989). Propuesta de decisión del Consejo relativa al programa-marco de acciones comunitarias de investigación y de desarrollo tecnológico (1990-1994). [COM/1988/397 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:51989PC0397> [Consulta: 09/07/2019]

Comisión Europea. (1990). Propuesta de decisión del Consejo por la que se aprueba un programa específico de investigación y de desarrollo tecnológico en el ámbito de la tecnología de la información (1990-94). [COM/1990/153 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:51990PC0153> [Consulta: 09/07/2019]

Comisión Europea. (1991). 91/337/CEE: Recomendación de la Comisión, de 6 de mayo de 1991, relativa a la armonización dentro de la Comunidad de las bases de datos sobre investigación y desarrollo tecnológico. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:31991H0337> [Consulta: 09/07/2019]

Comisión Europea. (1993). Documento de trabajo de la Comisión sobre el contenido científico y tecnológico de los programas específicos por los que se aplican el cuarto programa-marco de acciones comunitarias de investigación y desarrollo tecnológico (1994- 1998) y el programa-marco de acciones comunitarias de investigación y enseñanza de la comunidad europea de la energía atómica (1994-1998). [COM/1993/459 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:51993DC0459> [Consulta: 09/07/2019]

Comisión Europea. (1994). Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo evaluación final de los resultados de EUROTRA, programa específico relativo a la preparación del desarrollo de un sistema EUROTRA operativo de traducción automática. [COM/1994/69 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:51994DC0069> [Consulta: 10/07/2019]

Comisión Europea. (1996). Comunicación de la Comisión - problemas de la industria europea relacionada con la defensa: propuestas de actuación a nivel europeo. [COM/1996/10 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:51996DC0010> [Consulta: 10/07/2019]

Comisión Europea. (1996). Comunicación de la Comisión - "INVENTAR EL MAÑANA": la investigación europea al servicio del ciudadano. [COM/1996/332 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:51996DC0332> [Consulta: 10/07/2019]

Comisión Europea. (1998). Actividades de investigación y desarrollo tecnológico de la Unión Europea - Informe anual 1998. [COM/1998/439 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:51998DC0439> [Consulta: 11/07/2019]

Comisión Europea. (1999). Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo - La creación del cielo único europeo. [COM/1999/614 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:51999DC0614> [Consulta: 11/07/2019]

Comisión Europea. (1999). Convocatoria de propuestas de acciones indirectas de IDT para el programa específico de investigación, desarrollo tecnológico y demostración sobre incremento del potencial humano de investigación y de la base de conocimientos socioeconómicos - Premios de investigación - Premio Arquímedes (Referencia de la convocatoria: IHP-ARP-99-1). (1999/C 344/08). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:C1999/344/08> [Consulta: 11/07/2019]

Comisión Europea. (2010). Europa 2020. Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador [COM/2010/2020 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52010DC2020&qid=1605687312227> [Consulta: 20/08/2019]

Comisión Europea. (2010). Una agenda digital para Europa. [COM/2010/245 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1587637833703&uri=CELEX:52010DC0245> [Consulta: 19/08/2019]

Comisión Europea. (2011). Liberar el potencial de la computación en nube en Europa. [COM/2011/202 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1587637833703&uri=CELEX:52010DC0245> [Consulta: 19/09/2019]

Comisión Europea. (2012). Redes inteligentes: de la innovación a la implantación. [COM/2012/529]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52012DC0529&qid=1611740223739> [Consulta: 19/01/2020]

Comisión Europea. (2014). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Hacia una economía de los datos próspera. [COM/2014/442 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:52014DC0442> [Consulta: 12/07/2019]

Comisión Europea. (2016). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Iniciativa Europea de Computación en la Nube: construir en Europa una economía competitiva de los datos y del conocimiento. [COM/2016/178 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52016DC0178&qid=1611861562671> [Consulta: 23/01/2019]

Comisión Europea. (2016). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Digitalización de la industria europea Aprovechar todas las ventajas de un mercado único digital. [COM/2016/180 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:52016DC0180> [Consulta: 13/07/2019]

Comisión Europea. (2016). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Una Agenda Europea para la

economía colaborativa. [COM/2016/356 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52016DC0356&qid=1611993978371> [Consulta: 24/08/2020]

Comisión Europea. (2016). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. UNA NUEVA AGENDA DE CAPACIDADES PARA EUROPA. Trabajar juntos para reforzar el capital humano, la empleabilidad y la competitividad. [COM/2016/381 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:52016DC0381> [Consulta: 13/07/2019]

Comisión Europea. (2016). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. La conectividad para un mercado único digital competitivo – hacia una sociedad europea del Gigabit. [COM/2016/587 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:52016DC0587> [Consulta: 13/07/2019]

Comisión Europea. (2017). Documento de reflexión sobre la dimensión social de Europa. [COM/2017/206 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565622618280&uri=CELEX:52017DC0206> [Consulta: 15/07/2019]

Comisión Europea. (2017). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Relativa a la revisión intermedia de la aplicación de la Estrategia para el Mercado Único Digital Un mercado único digital conectado para todos. [COM/2017/228 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565622618280&uri=CELEX:52017DC0228> [Consulta: 15/07/2019]

Comisión Europea. (2017). Documento de reflexión sobre el encauzamiento de la globalización. [COM/2017/240 final 2]. Recuperado de [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565622618280&uri=CELEX:52017DC0240R\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565622618280&uri=CELEX:52017DC0240R(01)) [Consulta: 16/07/2019]

Comisión Europea. (2017). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Poner en marcha el Fondo Europeo de Defensa. [COM/2017/295 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565622618280&uri=CELEX:52017DC0295> [Consulta: 17/07/2019]

Comisión Europea. (2017). Documento de reflexión sobre el futuro de la defensa europea. [COM/2017/315 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565622618280&uri=CELEX:52017DC0315> [Consulta: 17/07/2019]

Comisión Europea. (2017). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo, al Comité de las Regiones y al banco europeo de inversiones. Invertir en una industria inteligente, innovadora y sostenible Estrategia renovada de política industrial de la UE. [COM/2017/479 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565622618280&uri=CELEX:52017DC0479> [Consulta: 18/07/2019]

Comisión Europea. (2017). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo. Un sistema impositivo justo y eficaz en la Unión Europea para el Mercado Único Digital.

[COM/2017/547 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565622618280&uri=CELEX:52017DC0547> [Consulta: 19/07/2019]

Comisión Europea. (2017). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Programa de trabajo de la Comisión para 2018 Un Programa para una Europa más unida, más fuerte y más democrática. [COM/2017/650 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565622618280&uri=CELEX:52017DC0650> [Consulta: 20/07/2019]

Comisión Europea. (2018). Propuesta de recomendación del Consejo relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente. [COM/2018/24 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018DC0024> [Consulta: 20/07/2019]

Comisión Europea. (2018). Documento de trabajo de los servicios de la Comisión. Directrices para el intercambio de datos del sector privado en la economía de los datos europea que acompaña al documento Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones "Hacia un espacio común europeo de datos". [COM/2018/125 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018SC0125> [Consulta: 20/07/2019]

Comisión Europea. (2018). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Hacia un espacio común europeo de datos. [COM/2018/232 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018DC0232> [Consulta: 20/07/2019]

Comisión Europea. (2018). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones relativa a la consecución de la transformación digital de la sanidad y los servicios asistenciales en el Mercado Único Digital, la capacitación de los ciudadanos y la creación de una sociedad más saludable. [COM/2018/233 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018DC0233> [Consulta: 20/07/2019]

Comisión Europea. (2018). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. La lucha contra la desinformación en línea: un enfoque europeo. [COM/2018/236 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018DC0236> [Consulta: 22/07/2019]

Comisión Europea. (2018). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Inteligencia artificial para Europa [COM/2018/237 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018DC0237> [Consulta: 22/07/2019]

Comisión Europea. (2018). Documento de trabajo de los servicios de la Comisión. Síntesis que acompaña al documento: Informe de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo y al Comité Económico y Social Europeo sobre la aplicación de la Directiva del Consejo relativa a la

aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros en materia de responsabilidad por los daños causados por productos defectuosos (85/374/CEE). (SWD(2018) 158). Recuperado de: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1575565214803&uri=CELEX:52018SC0158> [Consulta: 23/07/2019]

Comisión Europea. (2018). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. EUROPA EN MOVIMIENTO. Una movilidad sostenible para Europa: segura, conectada y limpia. [COM/2018/293 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018DC0293> [Consulta: 22/07/2019]

Comisión Europea. (2018). Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establece el programa Europa Digital para el período 2021-2027. [COM/2018/434 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018PC0434> [Consulta: 22/07/2019]

Comisión Europea. (2018). Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se crea el Programa Marco de Investigación e Innovación «Horizonte Europa» y se establecen sus normas de participación y difusión. [COM/2018/435 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018PC0435> [Consulta: 22/07/2019]

Comisión Europea. (2018). Propuesta de Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo que establece el Programa Específico por el que se ejecuta el Programa Marco de Investigación e Innovación «Horizonte Europa». [COM/2018/436 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018PC0436> [Consulta: 22/07/2019]

Comisión Europea. (18/6/2018). Inteligencia artificial: la Comisión debate sobre las consecuencias éticas y sociales con organizaciones filosóficas y no confesionales. Comisión Europea - Comunicado de prensa. Recuperado de https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/IP_18_4160 [Consulta: 22/07/2019]

Comisión Europea. (2018). Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen el Centro Europeo de Competencia Industrial, Tecnológica y de Investigación en Ciberseguridad y la Red de Centros Nacionales de Coordinación. [COM/2018/630 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1575199404716&uri=CELEX:52018PC0630> [Consulta: 18/07/2019]

Comisión Europea. (2018). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Una bioeconomía sostenible para Europa: consolidar la conexión entre la economía, la sociedad y el medio ambiente. [COM/2018/673 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018DC0673> [Consulta: 22/07/2019]

Comisión Europea. (2018). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo. Normas armonizadas: aumento de la transparencia y la

seguridad jurídica en aras de un mercado único plenamente operativo. [COM/2018/764 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018DC0764> [Consulta: 24/07/2019]

Comisión Europea. (2018). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo, al Comité de las Regiones y al banco europeo de inversiones. Un planeta limpio para todos. La visión estratégica europea a largo plazo de una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra. [COM/2018/773 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018DC0773> [Consulta: 24/07/2019]

Comisión Europea. (2018). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo, al Comité de las Regiones sobre la aplicación de la Comunicación «La lucha contra la desinformación en línea: Un enfoque europeo». [COM/2018/794 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565767525498&uri=CELEX:52018DC0794> [Consulta: 25/07/2019]

Comisión Europea. (2018). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Plan coordinado sobre la inteligencia artificial. [COM/2018/795 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565767525498&uri=CELEX:52018DC0795> [Consulta: 25/07/2019]

Comisión Europea. (2019). Alta Representante de la Unión para Asuntos exteriores y política de seguridad. Comunicación conjunta al parlamento europeo, el Consejo Europeo y el Consejo. EU-CHINA – Una perspectiva estratégica. [(JOIN/2019/5) final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52019JC0005&qid=1612338060814> [Consulta: 25/01/2021]

Comisión Europea. (2019). Documento de reflexión Hacia una Europa sostenible en 2030. [COM/2019/22 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565767525498&uri=CELEX:52019DC0022> [Consulta: 25/07/2019]

Comisión Europea. (2019). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Generar confianza en la inteligencia artificial centrada en el ser humano. [COM/2019/168 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565767525498&uri=CELEX:52019DC0168> [Consulta: 01/08/2019]

Comisión Europea. (2019). Informe de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo, al Comité de las Regiones sobre la aplicación del Plan de acción para la economía circular. [COM/2019/190 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565767525498&uri=CELEX:52019DC0190> [Consulta: 01/08/2019]

Comisión Europea. (2019). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Cuadro de indicadores de la justicia en la EU de 2019. [COM/2019/198 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565767525498&uri=CELEX:52019DC0198>

lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565767525498&uri=CELEX:52019DC0198 [Consulta: 01/08/2019]

Comisión Europea. (2019). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Europa en mayo de 2019: preparación para una Unión más unida, más fuerte y más democrática en un mundo sumido en una incertidumbre creciente. [COM/2019/218 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1586158963957&uri=CELEX:52019DC0218> [Consulta: 01/09/2019]

Comisión Europea. (2019). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo. Orientaciones sobre el Reglamento relativo a un marco para la libre circulación de datos no personales en la Unión Europea. [COM/2019/250 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565767525498&uri=CELEX:52019DC0250> [Consulta: 02/09/2019]

Comisión Europea. (2019). Informe de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo. Informe anual sobre las actividades de investigación y desarrollo tecnológico de la UE y seguimiento de Horizonte 2020 en 2018. [COM/2019/315 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1589445557792&uri=CELEX:52019DC0315> [Consulta: 02/12/2019]

Comisión Europea. (2019). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Programa de trabajo anual de la Unión sobre normalización europea para 2020. [COM/2019/486 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1580903106673&uri=CELEX:52019DC0486> [Consulta: 15/11/2019]

Comisión Europea. (2019). Comunicación de la comisión al Parlamento Europeo, el Consejo Europeo y el Consejo. Vigésimo informe de situación relativo a una Unión de la Seguridad genuina y efectiva. [COM/2019/552 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1575129838772&uri=CELEX:52019DC0552> [Consulta: 15/11/2019]

Comisión Europea. (2019). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. EL PACTO VERDE EUROPEO. [COM/2019/640 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1580903106673&uri=CELEX:52019DC0640> [Consulta: 21/12/2019]

Comisión Europea. (2019). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Estrategia anual de crecimiento sostenible 2020. [COM/2019/650 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1580903106673&uri=CELEX:52019DC0650> [Consulta: 02/01/2020]

Comisión Europea. (2020). Libro Blanco sobre la inteligencia artificial – un enfoque europeo orientado a la excelencia y la confianza. [COM/2020/65 final/2]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0065&qid=1607284038268> [Consulta: 26/08/2020]

Comisión Europea. (2020). Aplicación de los Acuerdos de Libre Comercio 1 de enero de 2019 - 31 de diciembre de 2019. [COM/2020/705 final]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0705&qid=1608619066704> [Consulta: 21/12/2020]

Comité Económico y Social Europeo. (1990). Dictamen del CESE sobre la propuesta de Decisión del Consejo por la que se adopta un programa específico relativo a la preparación del desarrollo de un sistema EUROTRA operativo. (90/C 168/10). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1566840630858&uri=CELEX:51990AC0508> [Consulta: 12/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (1998). Dictamen del CESE sobre: - el «Quinto Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico (1998-2002) - Documento de trabajo de la Comisión sobre los programas específicos: primeros elementos de debate», - las «Propuestas de Decisiones del Consejo relativas a los programas específicos mediante los cuales se ejecuta el Quinto Programa Marco de la Comunidad Europea para acciones de investigación, desarrollo tecnológico y demostración (1998-2002)». (98/C 407/24). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:51998AC1140> [Consulta: 12/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (2009). Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre «Más Europa» para su presentación al Consejo Europeo que se celebrará el 22 y 23 de noviembre de 2012. (2013/C 11/01). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:52008AE1514> [Consulta: 12/01/2020]

Comité Económico y Social Europeo. (2013). Resolución del Comité Económico y Social Europeo sobre el tema Internet de los objetos. (2009/C 77/15). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1598459888485&uri=CELEX%3A52012XE2309> [Consulta: 12/02/2020]

Comité Económico y Social Europeo. (2016). Dictamen del CESE sobre el tema «Industria 4.0 y transformación digital: camino a seguir» [COM(2016) 180 final]. (2016/C 389/07). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:52016AE1017> [Consulta: 12/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (2017). Dictamen del CESE sobre la «Inteligencia artificial: las consecuencias de la inteligencia artificial para el mercado único (digital), la producción, el consumo, el empleo y la sociedad» (Dictamen de iniciativa). (2017/C 288/01). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565622618280&uri=CELEX:52016IE5369> [Consulta: 12/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (2017). Dictamen del CESE sobre «Implicaciones de la digitalización y robotización del transporte en la formulación de políticas de la UE» (Dictamen de iniciativa). Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre «Implicaciones de la digitalización y robotización del transporte en la formulación de políticas de la UE» (Dictamen de iniciativa). (2017/C 345/08). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565622618280&uri=CELEX:52017IE0663> [Consulta: 15/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (2017). Dictamen del CESE sobre la «Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de

las Regiones — La construcción de una economía de los datos europea» [COM(2017) 9 final]. (2017/C 345/22). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565622618280&uri=CELEX:52017AE0654> [Consulta: 15/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (2017). «Efectos de la revolución digital en materia de salud para el seguro de enfermedad EESC-2017-02848-AS. (2017/C 434/01). Recuperado de https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=uriserv:OJ.C_.2017.434.01.0001.01.SPA&toc=OJ:C:2017:434:TOC [Consulta: 16/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (2017). Las transformaciones industriales en el sector sanitario EESC-2017-02848-AS. (2017/C 434/06). Recuperado de https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565622618280&uri=PI_EESC:EESC-2017-02848-AS [Consulta: 15/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (2018). Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre «La transición hacia un futuro más sostenible en Europa: una estrategia para 2050» (Dictamen de iniciativa). (2018/C 081/07). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565622618280&uri=CELEX:52016IE6805> [Consulta: 18/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (2018). Dictamen del CESE — Adoptar un planteamiento global para la política industrial en la UE: mejorar el entorno empresarial y apoyar la competitividad de la industria europea (Dictamen exploratorio). (EESC-2017-04732-AS, 2018). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1581017042195&uri=CELEX:51994DC0319> [Consulta: 18/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (2018). Invertir en una industria inteligente, innovadora y sostenible. EESC-2017-05067-AS. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52017AE4732> [Consulta: 18/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (2018). Libre circulación de datos no personales en la UE EESC-2017-04820-AS. [COM (2017) 495 final — 2017/0228 (COD)]. Recuperado de https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=PI_EESC:EESC-2017-04820-AS [Consulta: 22/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (2018). El futuro del trabajo – La adquisición de los conocimientos y competencias necesarios para responder a las necesidades de los futuros empleos EESC-2017-05265-AS. SOC/570. Recuperado de https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=PI_EESC:EESC-2017-05265-AS [Consulta: 22/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (2018). Dictamen - CESE - Contenido ilícito / Plataformas en línea EESC-2017-05365-AC. INT/836. Recuperado de https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=PI_EESC:EESC-2017-05365-AC [Consulta: 22/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (2018). Dictamen del CESE sobre «Inteligencia artificial: anticipar su impacto en el trabajo para garantizar una transición justa» (dictamen de iniciativa) EESC 2018/01473. (2018/C 440/01). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018IE1473> [Consulta: 22/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (2018). Dictamen del CESE sobre «Confianza, privacidad y seguridad de los consumidores y las empresas en el internet de las cosas» (dictamen de iniciativa) EESC 2018/01038. (2018/C 440/02). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018IE1038> [Consulta: 25/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (2018). Dictamen del Comité Económico y Social Europeo — Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones — Inteligencia artificial para Europa [COM(2018) 237 final] EESC 2018/02369. (2018/C 440/08). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018AE2369> [Consulta: 25/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (2018). Movilidad conectada y automatizada EESC-2018-02771-AS. TEN/673. Recuperado de https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=PI_EESC:EESC-2018-02771-AS [Consulta: 25/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (2019). Dictamen del CESE sobre la «Votemos por una Europa Unida» (2019/C 240/01). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1586155891098&uri=CELEX:52019XE1478> [Consulta: 30/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (2019). Dictamen del CESE sobre la «Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones — Plan coordinado sobre la inteligencia artificial» [COM(2018) 795 final] EESC 2018/05386. (2019/C 240/12). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565767525498&uri=CELEX:52018AE5386> [Consulta: 25/05/2019]

Comité Económico y Social Europeo. (2019). Dictamen del CESE sobre «Transporte, energía y servicios de interés general como motores del crecimiento sostenible en Europa a través de la revolución digital» [Dictamen de iniciativa]. (2019/C 353/13). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1571673767479&uri=CELEX:52019IE1070> [Consulta: 25/05/2019]

Comité Europeo de las Regiones. (2016). Dictamen del Comité Europeo de las Regiones — Digitalización de la industria europea. (2017/C 088/06). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:52016IR2884> [Consulta: 00/00/2019]

Comité Europeo de las Regiones. (2018). Dictamen del Comité Europeo de las Regiones — Horizonte Europa: Noveno Programa Marco de Investigación e Innovación COR 2018/03891. (2018/C 461/11). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018AR3891> [Consulta: 21/11/2019]

Comité Europeo de las Regiones. (2018). Dictamen del Comité Europeo de las Regiones — Programa Europa Digital (2021-2027) COR 2018/03951. (2019/C 86/14). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565767525498&uri=CELEX:52018AR3951> [Consulta: 21/11/2019]

Comité Europeo de las Regiones. (2019). Dictamen del Comité Europeo de las Regiones sobre «Inteligencia artificial para Europa» DO C 168 de 16.5.2019, p. 11/14. (2019/C 168/03). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565767525498&uri=CELEX:52018IR3953> [Consulta: 21/11/2019]

Comité Europeo de las Regiones. (2019). Dictamen del Comité Europeo de las Regiones sobre «La lucha contra la desinformación en línea: un enfoque europeo». (2019/C 168/04). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565767525498&uri=CELEX:52018IR3908> [Consulta: 21/11/2019]

Comité Europeo de las Regiones. (2019). Dictamen del Comité Europeo de las Regiones sobre «Seguridad vial y movilidad automatizada». (2019/C 168/10). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565767525498&uri=CELEX:52018AR3591> [Consulta: 21/11/2019]

Comité Europeo de las Regiones. (2019). Dictamen del Comité Europeo de las Regiones sobre «La digitalización del sector sanitario». (2019/C 168/05). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565767525498&uri=CELEX:52018IR2838> [Consulta: 00/00/2019]

Council. (1984). 84/157/EEC: Council Decision of 28 February 1984 adopting the 1984 work programme for a European programme for research and development in information technologies (ESPRIT). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1566405404077&uri=CELEX:31984D0157> [Consulta: 21/11/2019]

Consejo de la UE. (1958). Reglamento núm. 1 por el que se fija el régimen lingüístico de la Comunidad Económica Europea. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1575302529889&uri=CELEX:31958R0001> [Consulta: 22/11/2019]

Consejo de la UE. (1982). 82/752/CEE: Decisión del Consejo, de 4 de noviembre de 1982, por la que se adopta un programa de investigación y de desarrollo para la Comunidad Económica Europea relativo a un sistema de traducción automática de concepción avanzada. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1575309318210&uri=CELEX:31982D0752> [Consulta: 3/08/2019]

Consejo de la UE. (1985). 85/519/CEE: Decisión del Consejo, de 26 de noviembre de 1985, relativa a la conclusión de un acuerdo de concertación Comunidad-COST relativo a una acción concertada en el campo de la inteligencia artificial y del reconocimiento de las formas (Acción COST 13). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:31985D0519> [Consulta: 13/12/2019]

Consejo de la UE. (1985). 85/558/CEE: Decisión del Consejo, de 10 de diciembre de 1985, por la que se adopta el programa de trabajo del año 1986 para el Programa estratégico europeo de investigación y desarrollo relativo a las tecnologías de la información (ESPRIT). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:31985D0558> [Consulta: 13/12/2019]

Consejo de la UE. (1986). 86/591/CEE: Decisión del Consejo de 26 de noviembre de 1986 por la que se modifica con motivo de la adhesión de España y de Portugal, la Decisión 82/752/CEE sobre la adopción de un programa de investigación y de desarrollo para la Comunidad Económica Europea relativo a un sistema de traducción automática de concepción avanzada (Eurotra). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A31986D0591&qid=1615663824232> [Consulta: 3/08/2019]

Consejo de la UE. (1987). 87/C 355/02: Propuesta de Reglamento (CEE) del Consejo para una acción comunitaria en el campo de la tecnología de la información y de las telecomunicaciones aplicadas a la asistencia médica. Advanced informatics in medicine in Europe (AIM) – Fase piloto (COM(87) 352 final). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:51987PC0352> [Consulta: 14/12/2019]

Consejo de la UE. (1988). 88/445/CEE: Decisión del Consejo de 25 de julio de 1988 relativa al paso del programa Eurotra a la tercera fase (88/445/CEE). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1575311408736&uri=CELEX:31988D0445> [Consulta: 3/08/2019]

Consejo de la UE. (1989). 89/410/CEE: Decisión del Consejo de 20 de junio de 1989 relativa a un programa específico para completar un sistema de traducción automática de concepción avanzada (EUROTRA) (89/410/CEE). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A31989D0410&qid=1615664412606> [Consulta: 3/08/2019]

Consejo de la UE. (1990). 90/221/EURATOM, CEE: Decisión del Consejo, de 23 de abril de 1990, relativa al programa-marco de acciones comunitarias de investigación y de desarrollo tecnológico (1990-1994). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:31990D0221> [Consulta: 13/12/2019]

Consejo de la UE. (1990). 90/664/CEE: Decisión del Consejo de 26 de noviembre de 1990 por la que se adopta un programa específico relativo a la preparación del desarrollo de un sistema Eurotra operativo. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A31990D0664&qid=1616913936940> [Consulta: 5/08/2019]

Consejo de la UE. (1994). 94/571/CE: Decisión del Consejo, de 27 de julio de 1994, por la que se adopta un programa específico de investigación y desarrollo tecnológico, incluida la demostración, en el campo de las tecnologías industriales y de materiales (1994-1998) Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1573582985419&uri=CELEX:31994D0571> [Consulta: 15/12/2019]

Consejo de la UE. (1994). 2965/94: Reglamento (CE) nº 2965/94 del Consejo, de 28 de noviembre de 1994, por el que se crea un Centro de traducción de los órganos de la Unión Europea. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A31994R2965&qid=1618824611335> [Consulta: 12/10/2018]

Consejo de la UE. (2016). The transition towards an Open Science system - Council conclusions (adopted on 27/05/2016). (ST 9526/16). Recuperado de:

<https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9526-2016-INIT/en/pdf> [Consulta: 27/12/2019]

Diario Oficial de la UE. (2004). Tratado por el que se establece una Constitución para Europa. (2004/C 310/1). Recuperado de: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A12004V%2FTXT&qid=1619112268495> [Consulta: 27/12/2019]

EGE, European Group on Ethics in Science and New Technologies. (2018). Statement on artificial intelligence, robotics and “autonomous” systems. Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación.

Parlamento Europeo. (2016). Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general de protección de datos). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32016R0679> [Consulta: 23/12/2019]

Parlamento Europeo. (2017). Resolución del Parlamento Europeo, de 16 de febrero de 2017. Proyecto de informe con recomendaciones destinadas a la Comisión sobre normas de Derecho civil sobre robótica (2015/2103(INL)) (2018/C 252/25). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52017IP0051&qid=1618812699270> [Consulta: 23/12/2019]

Parlamento Europeo. (2017). Resolución de 14 de marzo de 2017, sobre las implicaciones de los macrodatos en los derechos fundamentales: privacidad, protección de datos, no discriminación, seguridad y aplicación de la ley (2016/2225(INI)). (2018/C 263/10). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1574617709454&uri=CELEX:52017IP0076> [Consulta: 23/12/2019]

Parlamento Europeo. (2018). Reglamento (UE) 2018/1807 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de noviembre de 2018, relativo a un marco para la libre circulación de datos no personales en la Unión Europea. (Texto pertinente a efectos del EEE) PE/53/2018/REV/1. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:32018R1807> [Consulta: 17/12/2019]

Supervisor Europeo de Protección de datos. (2015). Recomendaciones del SEPD sobre las opciones de la UE en cuanto a la reforma de la protección de datos. (2015/C 301/01). Recuperado de [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:52015XX0912\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565599365274&uri=CELEX:52015XX0912(01)) [Consulta: 17/12/2019]

Supervisor Europeo de Protección de datos. (2018). Resumen del Dictamen del SEPD sobre la manipulación en línea y los datos personales DO C 233 de 4.7.2018, p. 8/11. (2018/C 233/06). Recuperado de [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018XX0704\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018XX0704(01)) [Consulta: 17/12/2019]

Supervisor Europeo de Protección de datos. (2018). Resumen del dictamen sobre la propuesta de refundición de la Directiva relativa a la reutilización de la información del sector público. (2018/C

305/07). [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018XX0830\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1565710251942&uri=CELEX:52018XX0830(01)) [Consulta: 17/12/2019]

STOA, Science and Technology Options Assessment. (2016). Ethical Aspects of Cyber-Physical Systems. European Parliamentary Research Service. Recuperado de [http://www.europarl.europa.eu/stoa/en/document/EPRS_STU\(2016\)563501](http://www.europarl.europa.eu/stoa/en/document/EPRS_STU(2016)563501) [Consulta: 17/12/2019]

STOA, Science and Technology Options Assessment. (2016). Legal and ethical reflections concerning robotics. European Parliamentary Research Service.

Unión Europea, Tratado de la Unión Europea y Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea, 26 de octubre de 2012, (2012/C 326/01). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2012:326:FULL:ES:PDF> [Consulta: 17/07/2019]

Unión Europea, Carta de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea, 26 de octubre de 2012, (2012/C 326/02). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2012:326:FULL:ES:PDF> [Consulta: 18/07/2019]

15.2) Fuentes secundarias

Anderson, B. (1993). *Comunidades Imaginadas. Reflexiones sobre el origen y difusión del nacionalismo*, México D.F., Fondo Cultura Económica, pp. 22-24.

Bal, Ravtosh and Gill, Indermit S., *Policy Approaches to Artificial Intelligence Based Technologies in China, European Union and the United States* (September 25, 2020). Duke Global Working Paper Series No. 26, Disponible en:

SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3699640> o <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3699640>

Bauman, Z. (2006). *Europa. Una aventura inacabada*. Madrid: Losada.

Bensaude-Vicent B. (2010). *Splendeur et décadence de la vulgarisation scientifique*, *Questions de communication* [En línea], 17 | 2010, publicado en línea el 1 de julio de 2012, [Consulta: 15/03/2020]. URL: <http://journals.openedition.org/questionsdecommunication/368>

Bijker, W.E., Hughes, T., Pinch T. (1987) *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge: MA, The MIT Press.

Bijker, W.E. (2001). *Social Construction of Technology*, pp. 15522-7 en Smelser, N.J. y Baltes, P.B. (eds), *International Encyclopaedia of the Social & Behavioural Sciences*, Vol. 23, Oxford, Amsterdam, Elsevier Science.

Bijker, W.E. (2010). *How is Technology Made? - That is the Question!* Cambridge. *Journal of Economics* 34(1):63-76.

Barnes, B., Bloor, D. (1982). *Relativism, rationalism, and the sociology of knowledge*, pp 21-47 in Hollis, M. and Lukes, S. (eds), *Rationality and Relativism*, Oxford, Basil Blackwell.

Benedikt, C. y Osborne, M. *The Future of employment: how susceptible are Jobs to computerisation?* Oxford. Recuperado de http://publicservicesalliance.org/wp-content/uploads/2016/08/The_Future_of_Employment.pdf [Consulta: 5/02/2019]

Bloor, D. (1999). *Anti-Latour*. *Studies in the History and Philosophy of Science*, 30 (1): 81- 112.

Bostrom, N. (2014). *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford: Oxford University Press.

Broussard, M. (2018). *Artificial Unintelligence. How Computers Misunderstand the World*. Cambridge: The MIT Press.

Burton, S.L. (2019). "Grasping the cyber-world: Artificial Intelligence and human capital meet to inform leadership", *International Journal of Economics, Commerce and Management*, Vol. VII, Issue 12 (december 2019) pp 707-759.

- Callon, M. (1987). Society in the making: the study of technology as a tool for sociological analysis. En: W.E. Bijker, T.P. Hughes y T.J. Pinch (1987), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge: The MIT Press, 83-103.
- Castro, D., McLaughlin, M., Chivot, E. (2019). Who Is Winning the AI Race: China, the EU or the United States? Center for data Innovation. Recuperado de: <https://datainnovation.org/2019/08/who-is-winning-the-ai-race-china-the-eu-or-the-united-states/> [Consulta: 7/12/2020].
- Cave, D., Hoffman, S., Joske, A., Ryan, F. y Thomas, E. (2019). Mapeo de los gigantes tecnológicos de China. Issues Paper Report No. 15/2019 ASPI International Cyber Policy Centre. Recuperado de <https://www.aspi.org.au/report/mapping-chinas-tech-giants>. [Consulta: 5/12/2020].
- Charniak, E. y McDermott, D. (1985). *Introduction to Artificial Intelligence*. Massachusetts: Addison-Wesley Reading.
- Chandler, A.D. (1966). *Strategy and Structure*. Nueva York: Doubleday.
- Collingridge, David. (1980). *The Social Control of Technology*, New York: St. Martin's Press.
- Collins, H.M. (1985). *Changing Order: Replication and induction in Scientific Practice*, London: Sage Publications.
- Constant II, E.W. (1980). *The Origins of the Turbojet Revolution*. Baltimore, Md.: The Johns Hopkins University Press
- Constant II, Eduard W. (1987). The social locus of technological practice: community, system, or organization, en W. Bijker; T. P. Hughes; T. Pinch (eds.). *The social construction of technological systems*. Cambridge (Mass.), The MIT Press, pp. 223-242.
- Copeland, J. (1996). *Inteligencia artificial*: Madrid: Alianza Editorial.
- Cotino, L. (2019). Ética en el diseño para el desarrollo de una inteligencia artificial, robótica y big data confiables y su utilidad desde el derecho. *Revista Catalana de Dret Públic*, (58), 29-48. Barcelona.
- Dogan, M., D. Pelassy (1984). How to compare Nations: Strategies in Comparative Politics. Chatham, NJ: Chatham House Publishers, 1984. Pp. 185. *American Political Science Review*, 79, núm. 1, pp. 243-244.
- Durkheim, E. (1947). *Les Regles de la Méthode Sociologique*, París, Presses Universitaires de France. Trad. esp.: *Las reglas del método sociológico* (1978). Buenos Aires: La Pléyade
- Duroselle, J.B. (1990). *Historia de los Europeos*. Madrid: Aguilar.
- ENISA (2015): *Privacy by design in big data: An overview of privacy enhancing technologies in the era of big data analytics* (European Union Agency for Network and Information Security).

- Ellul, J. (1954). *La Technique ou l'Enjeu du siècle*. París: Armand Colin.
- Ellul, J. (1964). *The Technological Society*. New York: Vintage Books.
- Feenberg, A. (1991). *Critical Theory of Technology*. Oxford: Oxford University Press.
- Floridi, L., *et al.* (2018). AI4People —An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations. *Minds and Machines*, 28(4), 689-707.
- Floridi, L. (2018). Soft ethics and the governance of the digital. *Philosophy & Technology*, 31(1), 1-8.
- Fogg, B.J. (2003). *Persuasive Technology. Using computers to change what we think and do*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- Foucault, M. (1976). *Vigilar y castigar: nacimiento de la prisión*. Buenos Aires: Siglo veintiuno editores Argentina S.A.
- García-Marzá, D. (2011). *Ética empresarial, del diálogo a la confianza*. Madrid. Editorial Trotta.
- Gartner, (2012). *Emerging Market Analysis: IT. Mexico, 2012 and beyond* Gartner.
- Garton Ash, T. (2011). *Los hechos son subversivos. Ideas y personajes para una década sin nombre*. Barcelona: Editorial Tusquets.
- Gill, I., Fengler, W., & Karakulah, K. (2020). *The Economics of AI-Based Technologies (La economía de las tecnologías basadas en la IA): A Framework and an Application to Europe*. Duke Global Working Paper Series 25. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3660114#
- Gille, B. (1978). *Introducción a la historia de las técnicas*. Barcelona: Crítica-Marcombo.
- Guirao, F., Pich J., Bossacoma P., García C., Morgades S., Nagel K-J., Rubiés J-P., Solanes J. & Tafunell X. (2019). *¿Una Unión Europea en Crisis? Reflexiones para un debate urgente*. Madrid: Los libros de la Catarata.
- Gordin, M.D. (2015) *Scientific Babel. How science was done before and after global English*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Gradolí, A. (2015). *Análisis de la Teoría de los sentimientos morales y La riqueza de las naciones, de Adam Smith, y su relación con la RSE (Tesis de grado)*. Universitat de València, Valencia. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/326847556/TFG-ADAM-SMITH-y-Su-Relacion-Con-La-RSE-Arturo-Gradoli-06-20151> [Consulta: 18/01/2021]
- Gradolí, A. (2017). *Inteligencia Artificial y desempleo tecnológico*. Alcoi: Editorial Luhu.
- Hamel, G. (2007). *The future or management*. Harvard: Harvard Business Review Press.
- Habermas, J. (2009). *¿Ay Europa!* Madrid: Trotta.

- Habermas, J. (2011). *The crisis of the European Union*. Cambridge: Polity Press.
- Habermas, J. (2012). *La Constitución Europea*. Madrid: Trotta.
- Han, B-C. (2014). *Psicopolítica*. Barcelona: Herder Editorial S.L.
- Harari, Y.N., (2017). *Homo Deus. A Brief History of Tomorrow*. London: Penguin.
- Harari, Y.N., (2018). *21 Lessons for the 21st Century*. London: Penguin.
- Hawkins, R. (2004). *On Intelligence*. New York: Times Books.
- Heilbroner, R. (1967). Do Machines Make History? *Technology and Culture*, 8(3), 335-345.
doi:10.2307/3101719
- Heilbroner, R., (1996). *Historia y determinismo tecnológico*. Madrid: Alianza Editorial.
- Heymann, M. (1998). Sings of Hubris. The Shaping of Wind Technology Styles in Germany, Denmark, and United States, 1940-1990. *Technology and Culture*, vol. 39, núm. 4 Baltimore, pp. 641-670.
- Hobbes, T. (2005). *Del ciudadano y Leviatán*. Barcelona: Tecnos.
- Hughes, T. (1983). *Networks of power: Electrification in Western Society, 1880- 1930*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Hughes, T. (1986). The Seamless Web: Technology, Science, Etcetera, Etcetera. *Social Studies of Science*, 16(2), 281-292. 10.2307/285206.
- Hughes, T. (1987). The evolution of large technological systems, en Bijker, W. E; Hughes, Thomas P; Pinch, Trevor. *The social construction of technological systems. New directions in the sociology and history of technology*, Cambridge, MA, The MIT Press.
- Hughes, T. (1994). Technological Momentum. In L. Marx & M. R. Smith. *Does technology drive history* (pp. 101 - 114). Cambridge, MA. The MIT Press.
- Hughes, T. (1996). El impulso Tecnológico, en M. R. Smith y L. Marx (eds.): *Historia y determinismo tecnológico*. Madrid: Alianza Editorial.
- Hughes, T. (2004). *Human-Built World. How to think about technology and culture*. Chicago: The University of Chicago Press.
- IBM (1959). Some studies in Machine Learning using the game of checkers. *IBM journal* July 1959 pp. 211-229 (Arthur L. Samuel).
- IBM (2018). *Machine learning for dummies Limited Edition*. (Judith Hurwitz, Daniel Kirsch).
- IEEE. (2016). *Ethically aligned design: A vision for prioritizing human well-being with autonomous and intelligent systems*. Consultado en <https://ethicsinaction.ieee.org>

Jamsa, K (2013). *Cloud Computing. Saas, PaaS, IaaS, Virtualization, Business Models, Mobile, Security, and more.* Massachusetts: Jones & Bartlett Learning.

Jasanof, S., Kim, H. (2009). Containing the atom: sociotechnical imaginaries and nuclear power in the United States and South Korea. *Minerva*, 47 (2) (2009), pp. 119-146. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11024-009-9124-4> [Consulta: 10/04/2020].

Jáuregui, R. (2017). El futuro de Europa (o mas bien la Europa del futuro). Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6221339.pdf> [Consulta: 10/03/2020].

Judt, T. (2006). *Postguerra. Una historia de Europa.* Madrid: Taurus.

Judt, T. (2010). *Algo va mal.* Madrid: Taurus.

Judt, T. (2013). *¿Una gran ilusión? Un ensayo sobre Europa.* Madrid: Taurus.

Junyent, C. (2020). *El futur del català depèn de tu.* Barcelona: Penguin Random House Grupo Editorial.

Kant, I. (2007). *Hacia la Paz Perpetua. Un proyecto filosófico.* Buenos Aires: Editorial Prometeo.

Keynes, J. (1936). *The General Theory of Unemployment, Interest and Money.* London: Palgrave Macmillan.

Keynes, J. (2009). *Essays in Persuasion by John Maynard Keynes.* New York: Classic House Books.

Kranakis, E. (1997). *Constructing a Bridge: An exploration of Engineering, Culture Design, and Research in Nineteenth Century France and America.* Cambridge: The MIT Press.

Kranzberg, M. (1986). *Technology and Culture: Kranzberg Laws.* Baltimore: The Johns Hopkins University Press.

Krige, J. (2006). *American hegemony and the postwar reconstruction of science in Europe.* Cambridge, MA, The MIT Press.

Krijgsman, M. (2018), *The Language of the European Union on Artificial intelligence: A distant reading of the rhetoric on Artificial Intelligence in the European Union's online publications (Master thesis)* [<https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/370393>] [Consulta: 15/10/2010].

Kundera, M. (2011). *La insoportable levedad del ser.* Barcelona: Tusquets Editores.

Kurzweil, R. (1990) *The age of intelligent machines.* Cambridge, MA, The MIT Press.

Kurzweil, R. (2012) *How to create a mind.* New York: Viking Books.

Kurzweil, R. (2005). *Singularity is near. When humans transcend biology,* Penguin.

Lasswell, H. (1968). The Future of the Comparative Method, en Comparative Politics, Ph.D. Programs in Political Science, City University of New York, vol. 1, num. 1 (Oct., 1968), pp. 3-18.

Latour, B., Basile, F. (1986). Writing science-fact and fiction: the analysis of the process of reality construction through the application of socio-semiotic methods to scientific texts, pp. 51-66 in Callon, M., Law, J. y Rip, A. Mapping the Dynamic of Science and Technology. Londres: Macmillan.

Latour, B. (2005). Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-Theory. Oxford: Oxford University Press.

Latour, B. (2009): "Tarde's idea of quantification", in The Social After Gabriel Tarde: Debates and Assessments, (ed M. Candea), London: Routledge, pp. 145-162. Law, J. (1986). Power, Action and Belief. A new Sociology of Knowledge? Londres: Routledge and Kegan Paul.

Law, J., Hassard, J. (1999). Actor-Network Theory and After. Oxford: Blackwell.

Lee, K-F (2020). Superpotencias de la inteligencia artificial. China, Silicon Valley y el nuevo orden mundial. Barcelona: Editorial Planeta.

Lijphart, A. (1971). Comparative Politics and the Comparative Method. En The American Political Science Review, Vol. 65, No. 3. (septiembre) pp. 682-693.

MacKenzie D.A., Wajcman J. (eds.) (1985). The Social Shaping of Technology. Londres: Open University Press Press-Milton Keynes.

Maddison, A. (1988). Dos crisis: América y Asia 1929-1938 y 1973-1983. México: Fondo de Cultura Económica.

Márquez, T. (2002). Estilo Tecnológico. Construyendo puentes entre tecnología y cultura. Asociación nueva antropología. Revista de Ciencias Sociales, núm. 60, 2002, págs. 69-88, México D.F.

Márquez, T. (2006). Los artefactos tienen estilo. Sobre configuraciones y elecciones culturales en tecnología. VII Coloquio Internacional de Investigación en las Humanidades. Universidad Iberoamericana, Ciudad de México. 17-20 octubre 2006.

Martin, A. K., Van Brakel, R. E., Bernhard, D. J. (2009). Understanding Resistance to Digital Surveillance Towards a Multi-Disciplinary, Multi-Actor Framework. Surveillance & Society, 6(3), 213-232.

Martínez, R. (2014). Ética y privacidad de los datos. Fundación Ramón Areces.
http://sgfm.elcorteingles.es/SGFM/FRA/recursos/conferencias/ppt/1776180509_1472014102438.docx [Consulta: 15/02/2010]

Mas-Colell, A. (2009). Keynes, sus nietos y los nuestros. Madrid: Real Academia de Ciencias Morales y Políticas.

- Maxwell, J. (1996) *Qualitative Research Design. An interactive Approach Applied Social Research Methods Series V.41*. Londres: Sage publications.
- Mayer-Schönberger, V., Cukier, K. (2013): *big data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think*. Londres: John Murray (Publishers).
- McCarthy, J. (1958). Programs with common sense. In Proc. Symposium on Mechanisation of Thought Processes, Vol. 1, pp. 77–84.
- Mell, P., Grance T. (2011). The NIST Definition of Cloud Computing. NIST Special Publication 800-145, September 2011. Recuperado de <http://faculty.winthrop.edu/domanm/csci411/Handouts/NIST.pdf> [Consulta: 30/06/2019].
- Merrit, R.S., Marx, L. (1996). *Historia y determinismo tecnológico*. Madrid: Alianza Editorial.
- Minsky, M. (2006). *The Emotion Machine*. New York: Simon & Schuster Paperbaks.
- Mitchell, T. (1997). *Machine Learning*. Nueva York: McGraw Hill.
- Monnet, J. (1976). *Mémoires*. Paris: Fayard.
- Moreno, A., Núñez, V. (2017). *Historia de la construcción europea desde 1945*. Madrid: Alianza Editorial.
- Mumford, L. (1934). *Technics and civilization*. New York: Harcourt, Brace & Company, Inc.
- Murphy, K. (2012). *Machine Learning. A probabilistic Perspective*. Cambridge: MA, The MIT Press.
- Nicolaïdis, K. y Pélabay, J.: “One Union, one story? In praise of Europe’s narrative diversity” en PHINNEMORE, D. y WARLEIGH-LACK, A. (eds.): *Reflections on European integration: Fifty Years of the Treaty of Rome* Basingstoke: Palgrave MacMillan, 2009. pp. 137 y ss.
- Nietzsche, F. (1988). *La Gaya Ciencia*. Madrid: Ediciones Akal.
- Nilsson, N. (1980). *Principles of Artificial Intelligence*, Palo Alto, California: Tioga Press.
- Nilsson, N. (2009). *The Quest for Artificial Intelligence*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Noothoven, J., Pihlkjaer, J. (1992). *Advances in Medical Informatics. Results of the AIM Exploratory Action*. Amsterdam: IOS Press.
- Nye, D.E. (1990). *Electrifying America. Social Meanings of a New Technology, 1880-1940*, Cambridge, MA, The MIT Press.
- Ontiveros, E., López, V. (2017). *Economía de los datos*. Barcelona: Ariel S.A. (Recuperado de: https://www.fundaciontelefonica.com/cultura-digital/publicaciones/624/?_ga=2.68885777.1215236607.1611937744-585697134.1611476298 [Consulta: 18/12/2020]).

- Orwell, G. (1952). 1984. Barcelona: Ediciones Destino S.A.
- Osorio, C. (2014). Enfoques sociales sobre los sistemas tecnológicos. *TRILOGÍA. Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 6(11), 11-32.
- Pacey, A. (1983). *The culture of technology*. Cambridge: MA, The MIT Press.
- Pacey, A. (1999). *Meaning in technology*. Cambridge: MA, The MIT Press.
- Pfaffenbeger, B. (1988). "Fetishised Objects and Humanised Nature: Towards an Anthropology of Technology", *Man*, vol. 23, núm 2, Londres, pp 236-252.
- Pala, G. (2012). El doctorando en historia y la tesis doctoral: una reflexión sobre la narrativa académica. *Rúbrica Contemporánea. Revista UAB*, vol. 1, núm. 2, 2012 ISSN. 2014-5748, pp. 11-19. Barcelona.
- Perrault, R., Shoham, Y., Brynjolfsson, E., Clark, J., Etchemendy, J., Grosz, B., Lyons, T., Manyika, J., Mishra, S., Niebles, J.C. (2019). *The AI Index 2019 Annual Report*, AI Index Steering Committee, Human-Centered AI Institute, Stanford University, Stanford, CA.
- Pinch, T.J., Bijker, W.E. (1984). The social construction of facts and artefacts, or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other. *Social Studies of Science*, vol. 14, 399-441.
- Pollock, N., Williams, R. (2016). *How Industry Analysts Shape the Digital Future*. Oxford. Oxford University Press.
- Quintanilla, M. (1991). *Tecnología: Un Enfoque Filosófico*, Buenos Aires: Eudeba.
- Bal, R., Gill, I. (2020), *Policy Approaches to Artificial Intelligence Based Technologies in China, European Union and the United States*, Duke Global Working Paper Series No. 26 [<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3699640>] [Consulta: 15/10/20208].
- Rifkin, J. (2014). *La sociedad de coste marginal cero*. Barcelona: Paidós.
- Rich, E., Knight, K. (1991). *Artificial Intelligence*. Nueva York: McGraw Hill.
- Rosenberg, N. (1982). *Inside the black box. Technology and Economics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Russell, S.J., Norvig, P. (2009). *Artificial Intelligence. A modern Approach Third Edition*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Sartori, G. (1984). *La política, lógica y método en las ciencias sociales*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Cologny/Geneva: World Economic Forum.

- Schumacher, E.F. (1973). *Small is Beautiful. Economics as if People Mattered*. London: Blond and Briggs.
- Sismondo, S. (1993). Some social constructions. *Social Studies of science*, vol. 23, 515-53.
- Smith, A. (2011) *La riqueza de las naciones*. Madrid. Alianza Editorial.
- Smith, A. (2013) *La teoría de los sentimientos morales*. Madrid. Alianza Editorial.
- Staudenmaier, J. (1985). *Technology's Storytellers, Reweaving the Human Fabric*. Cambridge: The MIT Press.
- Staudenmaier, J. (1989). "The politics of successful technologies", In context. *History and the history of technology. Essays in honor of Melvin Kranzberg (Vol. 1)*, ed. Cutcliffe Stephen y Robert C. Post. (Bethlehem / Londres / Toronto: Lehigh University Press / Associated University Press, 1989). 150-171
- Steiner, G. (2005). *La idea de Europa*. Madrid: Ediciones Siruela.
- Surden, H. (2017). *Values Embedded in Legal Artificial Intelligence (March 13, 2017)*. U of Colorado Law Legal Studies Research Paper No. 17-17. Recuperado de: <https://ssrn.com/abstract=2932333> [Consulta: 29/01/2018].
- Suwajanakorn, S., Seitz S., Kemelmacher I. (2017). *Synthesizing Obama: Learning Lip Sync from Audio*. *ACM Transactions of Graphics*, Vol. 36, No. 4, Article 95. Recuperado de http://grail.cs.washington.edu/projects/AudioToObama/siggraph17_obama.pdf [Consulta: 30/01/2018].
- Taylor, F.W. (1985). *The Principles of Scientific Management*. New York: Harper & Brothers.
- Tapscott, D. (1994). *The digital economy: promise and peril in the age of networked intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- Thomas, H., Fressoli, M., Lalouf, 2008. "Estudios sociales de la tecnología: ¿hay vida después del constructivismo?" *Universidad Nacional de Quilmes. Buenos Aires, Redes*, vol. 14, núm. 27, mayo, 2008, pp. 59-76
- Turing, A. (1950). *Computing machinery and intelligence*. *Mind*, 59, 433-460, October 1950. Recuperado de <https://www.csee.umbc.edu/courses/471/papers/turing.pdf> [Consulta: 30/06/2018].
- Veruggio, G. *The birth of roboethics*. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2005): Workshop on Robot Ethics*, Barcelona, Spain, 18 April 2005; pp. 1-4.
- Veruggio, G. Solis and M. Van der Loos, "Roboethics: Ethics Applied to Robotics [From the Guest Editors]," in *IEEE Robotics & Automation Magazine*, vol. 18, no. 1, pp. 21-22, March 2011, doi: 10.1109/MRA.2010.940149.

Williams, R., Edge, D. (1996). The social shaping of technology, *Research Policy* Vol. 25, pp. 856-899.

Williams, R., Stewart, J., Slack, R. (2005). *Social Learning in Technological Innovation: Experimenting with Information and Communication Technologies*. Cheltenham - Northampton. Edward Elgar.

Winner, L. (1978). *Autonomous Technology: Technics-out-of-control as a Theme in Political Thought*. Cambridge: MA, The MIT Press.

Winner, L. (2008). *La ballena y el reactor*. Barcelona: Gedisa S.A.

Winston, P.H. (1992). *Artificial Intelligence*. Massachusetts: Addison-Wesley Reading.

World Economic Forum. (2016). *The Future of Jobs*. Recuperado de http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf [Consulta: 5/02/2019].

15.3) Sitios web

5G-INDUCE. (2020). *The 5G Infrastructure Public Private Partnership*. Recuperado el 14 de 12 de 2020, de - 5GPPP - H2020 – ICT- 2020: <https://5g-ppp.eu/5g-induce/>

AEF. (2019). *AEF - the Agricultural Industry Electronics Foundation*. Recuperado el 03 de 02 de 2020, de <http://www.aef-online.org>

AEMA. (04 de 12 de 2019). *Agencia Europea del Medio Ambiente*. Recuperado el 11 de 03 de 2020, de <https://www.eea.europa.eu/es/highlights/euroopan-ympariston-tila-2020-suuntaa>

AEPD. (2017). *Código de buenas prácticas en protección de datos para proyectos de Big Data*. Recuperado el 11 de 11 de 2018, de Agencia Española de Protección de Datos: <https://www.aepd.es/sites/default/files/2019-09/guia-codigo-de-buenas-practicas-proyectos-de-big-data.pdf>

AEPD. (15 de 03 de 2018). *La AEPD sanciona a WhatsApp y Facebook por ceder y tratar, respectivamente, datos personales sin consentimiento*. Recuperado el 12 de 09 de 2019, de Agencia Española de Protección de Datos.: <https://www.aepd.es/es/prensa-y-comunicacion/notas-de-prensa/la-aepd-sanciona-whatsapp-y-facebook-por-ceder-y-tratar>

AI for Good. (07 de 06 de 2017). *AI for Good Global Summit 2017*. (ITU, Productor) Recuperado el 19 de 12 de 2019, de <https://www.itu.int/en/ITU-T/AI/Pages/201706-default.aspx>

AI4EU. (01 de 01 de 2020). *AI4EU*. Recuperado el 9 de 01 de 2020, de <https://www.ai4eu.eu>

AI4People. (2019). *On Good AI Governance*. Recuperado el 17 de 02 de 2020, de 14 Priority actions a S.M.A.R.T. model of governance, and a regularoty toolbox.: <https://www.eismd.eu/wp-content/uploads/2019/11/AI4Peoples-Report-on-Good-AI-Governance.pdf>

AI-SPIRE. (15 de 07 de 2019). *AI-SPIRE - Artificial Intelligence in EU Process Industry a View from the SPIRE cPPP*. Recuperado el 19 de 08 de 2019, de

<https://www.spire2030.eu/search/node/ARTIFICIAL%20INTELLIGENCE%20in%20EU%20PROCESS%20INDUSTRY%20A%20VIEW%20FROM%20THE%20SPIRE%20cPPP>

Anderson&Horvath. (13 de 02 de 2017). *The Rise of the Weaponized AI Propaganda Machine*. Recuperado el 18 de 01 de 2020, de <https://medium.com/join-scout/the-rise-of-the-weaponized-ai-propaganda-machine-86dac61668b>

Antcon. (10 de 2019 de 2019). *A freeware corpus analysis toolkit for concordancing and text analysis*. Recuperado el 01, de <https://www.laurenceanthony.net/software/antcon/>

Atomico. (2017). *THE STATE OF EUROPEAN TECH 2017*. Recuperado el 21 de 12 de 2019, de <https://2017.stateofeuropeantech.com/>

Atomium-EISMD. (12 de 12 de 2019). *Atomium European Institute for Science, Media and Democracy*. Recuperado el 12 de 12 de 2019, de <https://www.eismd.eu/featured/ai4peoples-ethical-framework-for-a-good-ai-society/>

Atomium-EISMD. (2020). *Atomium European Institute for Science, Media and Democracy*. Recuperado el 19 de 01 de 2020, de <https://www.eismd.eu/about/>

Atos. (2020). *Quantum Learning Machine*. Recuperado el 24 de 12 de 2020, de <https://atos.net/en/solutions/quantum-learning-machine>

Autosar. (2019). *The standardized software framework for intelligent mobility*. Recuperado el 09 de 01 de 2020, de AUTOSAR (AUTomotive Open System ARchitecture): www.autosar.org

Babylon. (22 de 12 de 2019). *Babylon health services*. Recuperado el 16 de 01 de 2020, de 2019: <https://www.babylonhealth.com/ai>

Banco Mundial. (2021). *Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB) - European Union*. Recuperado el 12 de 01 de 2021, de

<https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?end=2018&locations=EU&start=2010>

BBI. (13 de 02 de 2019). *Empresa Común para las Bioindustrias BBI*. Recuperado el 15 de 01 de 2020, de Unión Europea: https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/bbi_es

BBVA. (04 de 2019). *Inteligencia artificial: ¿en qué sectores está más avanzada?* Recuperado el 08 de 09 de 2019, de <https://www.bbva.com/es/inteligencia-artificial-en-que-sectores-estamos-avanzada/>

Brown, J. (1968). *James Brown. Say it Loud I'm black and proud*. Obtenido de <https://youtu.be/FrB4uQyU0DU>

Capgemini. (2019). *Anual Report 2019*. Recuperado el 07 de 12 de 2020, de <https://reports.capgemini.com/2019/en/annual-report.html>

Capgemini. (2019b). *Scaling AI in Manufacturing Operations: A Practitioners' Perspective*. Recuperado el 19 de 12 de 2020, de <https://www.capgemini.com/es-es/inteligencia-artificial-a-escala-en-operaciones-industriales/>: <https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2019/12/AI-in-manufacturing-operations.pdf>

Capgemini. (2020). *Capgemini Research Institute*. Recuperado el 19 de 12 de 2020, de Building the retail superstar. How unleashing AI across functions offers a multi-billion dollar opportunity.: <https://www.capgemini.com/gb-en/research/building-the-retail-superstar-how-unleashing-ai-across-functions-offers-a-multi-billion-dollar-opportunity/>

Capgemini. (16 de 12 de 2020b). *Informe Open Data 2020*. Recuperado el 15 de 01 de 2021, de <https://www.capgemini.com/es-es/news/informe-open-data-2020/>

Careses. (01 de 01 de 2017). *Culture Aware Robots and Environmental Sensor Systems for Elderly Support*. Recuperado el 14 de 12 de 2019, de Comisión Europea: <https://cordis.europa.eu/project/id/737858/es>

- Carnegie Mellon. (05 de 02 de 2019). *AI: Background, History and Future Opportunities - Raj Reddy*. Carnegie Mellon University Qatar. Recuperado el 30 de 08 de 2019, de <https://www.youtube.com/watch?v=KaNnb8F4g90>
- CDE. (2019). *La UE invierte 50 millones de euros para crear una red de centros de excelencia en Inteligencia Artificial*. Recuperado el 18 de 01 de 2020, de Centro de Documentación Europea de Almería: <https://www.cde.ual.es/la-ue-invierte-50-millones-de-euros-para-crear-una-red-de-centros-de-excelencia-en-inteligencia-artificial/>
- CdT. (2019). *Centro de Traducción de los Órganos de la Unión Europea (CdT)*. Recuperado el 01 de 02 de 2020, de Unión Europea: https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/cdt_es
- CE. (05 de 06 de 2000). *Acción comunitaria (CEE) en el ámbito de la tecnología de la información y las telecomunicaciones aplicadas a la atención sanitaria (AIM) - Acción exploratoria, 1988-1989*. Recuperado el 2020 de 10 de 16, de <https://cordis.europa.eu/programme/id/FP2-AIM-1/es>
- CE. (30 de 08 de 2001). *EC SYSTRAN: THE COMMISSION'S MACHINE TRANSLATION SYSTEM by Angeliki Petrīts*. Recuperado el 18 de 06 de 2019, de Comisión Europea: <http://www.mt-archive.info/Petrīts-2001.pdf>
- CE. (13 de 05 de 2014). *MT@EC European Commission machine translation for Public Administrations in the EU Member States*. Recuperado el 15 de 01 de 2020, de Comisión Europea: https://ec.europa.eu/greece/sites/greece/files/docs/body/20140513_mtec_athens_fo_-_final.pdf
- CE. (2016). *Measuring the economic impact of cloud computing in Europe. Final Report*. Recuperado el 12 de 02 de 2020, de Comisión Europea: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/measuring-economic-impact-cloud-computing-europe>

- CE. (7 de 12 de 2018a). *Artificial Intelligence: Public-Private Partnerships join forces to boost AI progress in Europe*. Recuperado el 10 de 04 de 2020, de Comisión Europea: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/artificial-intelligence-public-private-partnerships-join-forces-boost-ai-progress-europe>
- CE. (27 de 07 de 2018b). *EU Member States sign up to cooperate on Artificial Intelligence*. Recuperado el 30 de 08 de 2019, de Comisión Europea: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/eu-member-states-sign-cooperate-artificial-intelligence>
- CE. (06 de 2018c). *High-Level Expert Group on Artificial Intelligence*. Recuperado el 18 de 12 de 2019, de Comisión Europea: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/high-level-expert-group-artificial-intelligence>
- CE. (31 de 12 de 2018e). *The European AI Alliance. Shaping Europe's digital future*. Recuperado el 01 de 02 de 2020, de Comisión Europea: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/european-ai-alliance>
- CE. (2019a). *Apoyo de los ciudadanos a la acción por el clima*. Recuperado el 13 de 09 de 2019, de Comisión Europea.: https://ec.europa.eu/clima/citizens/support_es
- CE. (31 de 12 de 2019b). *Comisión Priorities 2019-2024*. Recuperado el 31 de 12 de 2019, de Comisión Europea: https://ec.europa.eu/info/priorities_en
- CE. (12 de 03 de 2019e). *EU-China – A strategic outlook*. Recuperado el 10 de 09 de 2019, de Comisión Europea: <https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/communication-eu-china-a-strategic-outlook.pdf>
- CE. (2019f). *European Research Council*. Recuperado el 28 de 12 de 2019, de Comisión Europea: <https://erc.europa.eu/>
- CE. (2019g). *The Digital Economy and Society Index. DESI 2019*. Recuperado el 18 de 02 de 2020, de Comisión Europea: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi>

- CE. (2020). *Mercado único*. Recuperado el 05 de 02 de 2020, de https://ec.europa.eu/info/policies/single-market_es
- CE. (25 de 03 de 2020a). *EU Science Hub. Centre for Advanced Studies*. Recuperado el 01 de 04 de 2020, de Comisión Europea: <https://ec.europa.eu/jrc/en/research/centre-advanced-studies>
- CE. (12 de 02 de 2020b). *JRC-CAS. JRC SCIENCE HUB COMMUNITIES*. Recuperado el 18 de 02 de 2020, de Comisión Europea: <https://ec.europa.eu/jrc/communities/en/community/big-data-and-forecasting-economic-developments/useful-link/jrc-cas-centre-advanced-studies>
- CE. (13 de 01 de 2020c). *Open Science (Open Access) H2020*. Recuperado el 13 de 01 de 2020, de Comisión Europea: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/open-science-open-access>
- CEF. (2019). *eTranslation. Enable multilingual public services and communication*. Recuperado el 12 de 01 de 2020, de CEF Digital: <https://ec.europa.eu/cefdigital/wiki/display/CEFDIGITAL/eTranslation>
- CEF. (30 de 06 de 2020e). *Connecting Europe Facility*. Recuperado el 13 de 08 de 2020, de Innovation and Networks Executive Agency.: <https://ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility>
- CEF eTranslation. (12 de 2020). *CEF Digital. Connecting Europe*. Recuperado el 02 de 08 de 2020, de CEF eTranslation now includes Turkish!: <https://ec.europa.eu/cefdigital/wiki/display/CEFDIGITAL/2020/11/04/CEF+eTranslation+now+includes+Turkish>
- CEF Telecom. (2019). *Connecting Europe Facility in Telecom*. Recuperado el 01 de 10 de 2020, de <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/connecting-europe-facility-telecom>
- CEPYMEnews. (2020 de 04 de 2020). *eTranslation, la plataforma de traducción automática de la Comisión Europea, disponible para todas las pymes europeas*. Recuperado el 11 de 10 de

2020, de <https://cepymenews.es/etranslation-plataforma-traduccion-automatica-comision-europea-disponible-todas-pymes-europeas>

CESE. (2019). *El Espacio Económico Europeo*. Recuperado el 22 de 12 de 2019, de Comité Económico y Social Europeo.: <https://www.eesc.europa.eu/es/tags/el-espacio-economico-europeo>

Ciencia.gob.es. (2019). *Programas Marco de la UE*. Recuperado el 09 de 08 de 2019, de <https://www.ciencia.gob.es/portal/site/MICINN/menuitem.26172fcf4eb029fa6ec7da6901432ea0/?vgnnextoid=6351579ecc1c1410VgnVCM1000001d04140aRCRD#:~:text=El%20Programa%20Marco%20es%20la,e%20innovaci%C3%B3n%20en%20r%C3%A9gimen%20de>

Cinalli. (08 de 01 de 2020). *La evolución de las Plataformas Cloud y el 2020*. Recuperado el 04 de 02 de 2020, de <https://federicocinalli.com/blog/item/247-la-evolucion-de-las-plataformas-cloud-y-el-2020>

CISCO. (2016). *Cisco Visual Networking Index Predicts Global Annual IP Traffic to Exceed Three Zettabytes by 2021*. Recuperado el 03 de 07 de 2019, de https://www.cisco.com/c/dam/m/en_us/service-provider/ciscoknowledgenetwork/files/622_11_15-16-Cisco_GCI_CKN_2015-2020_AMER_EMEAR_NOV2016.pdf

Colonia. (14 de 11 de 2018). *Chartier-Brun, Pascale y Mahler, Katharina (2018).. Traducción automática y redes neuronales para una UE multilingüe. Revista de Lingüística Jurídica Europea (ZERL)*. Recuperado el 14 de 12 de 2019, de <https://kups.ub.uni-koeln.de/8597/>

Consejo. (29 de 09 de 2017). *Cumbre Digital de Tallin, 29 de septiembre de 2017*. Recuperado el 01 de 05 de 2019, de Consejo Europeo. Consejo de la Unión Europea.: <https://www.consilium.europa.eu/es/meetings/eu-council-presidency-meetings/2017/09/29/>

- Consejo. (2018). *Conclusiones del Consejo Europeo, 22 de marzo de 2018*. Recuperado el 19 de 01 de 2020, de Consejo Europeo, Consejo de la UE:
<https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2018/03/23/european-council-conclusions-22-march-2018/>
- Consejo de Europa. (2020). *Consejo de Europa*. Recuperado el 02 de 09 de 2020, de
<https://www.coe.int/en/>
- Copernicus. (2020). *Europe eyes on Earth*. Recuperado el 19 de 02 de 2020, de Copernicus Services:
<https://www.copernicus.eu/>
- Council of Europe. (2017). *CARTA EUROPEA DE LAS LENGUAS REGIONALES O MINORITARIAS*. Recuperado el 02 de 12 de 2019, de <https://www.coe.int/es/web/compass/european-charter-for-regional-or-minority-languages>
- Council of Europe Study. (03 de 2018). *Algorithms and Human Rights*. Recuperado el 01 de 03 de 2020, de <https://rm.coe.int/algorithms-and-human-rights-en-rev/16807956b5>
- CPSR. (2015). *Computer Professionals for Social Responsibility*. Recuperado el 02 de 02 de 2020, de <http://www.cs.bath.ac.uk/~jjb/web/ai.html>
- CSA. (20 de 12 de 2017). *Top Threats to Cloud Computing Plus: Industry Insights*. Recuperado el 19 de 08 de 2019, de <https://cloudsecurityalliance.org/artifacts/top-threats-cloud-computing-plus-industry-insights/>
- Curie Actions. (27 de 02 de 2020). *MARIE SKŁODOWSKA-CURIE ACTIONS*. Recuperado el 27 de 02 de 2020, de Comisión Europea: https://ec.europa.eu/research/mariecurieactions/node_en
- Cyberlegs. (2019). *CYBERLEGs ++*. Recuperado el 29 de 01 de 2020, de The CYBERnetic LowEr-Limb CoGnitive Ortho-prothesiS Plus Plus: <http://www.cyberlegs.eu/>

- CYBERnetic. (2017). *The CYBERnetic LowEr-Limb CoGnitive Ortho-prosthesis Plus Plus*. Recuperado el 03 de 02 de 2020, de Comisión Europea: <https://cordis.europa.eu/project/id/731931/es>
- Darpa. (20 de 07 de 2018). *Accelerating the Exploration of Promising Artificial Intelligence Concepts*. Recuperado el 31 de 01 de 2021, de Defense Advanced Research Projects Agency: <https://www.darpa.mil/news-events/2018-07-20a>
- de Lacy. (30 de 09 de 2019). *Cirugía 4.0: la nueva revolución quirúrgica*. Recuperado el 03 de 03 de 2020, de Antonio de Lacy. NATIONAL GEOGRAPHIC ESPAÑA: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/grandes-reportajes/cirugia-40_13756/1
- DeepMind. (18 de 12 de 2017). *AlphaGo Zero: Starting from scratch*. Recuperado el 019 de 09 de 2019, de <https://deepmind.com/blog/article/alphago-zero-starting-scratch>
- DELFT. (11 de 06 de 2011). *Planning under uncertainty for real-world multiagent systems*. Recuperado el 14 de 08 de 2019, de TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT: <https://cordis.europa.eu/project/id/275217>
- Derecho Penal. (25 de 09 de 2012). *La responsabilidad objetiva*. Recuperado el 15 de 07 de 2019, de <https://www.infoderechopenal.es/2012/09/responsabilidad-objetiva.html>
- DIH-HERO. (10 de 12 de 2019). *DIH-HERO Digital Innovation Hubs in Healthcare Robotics*. Recuperado el 05 de 02 de 2020, de Comisión Europea: <https://cordis.europa.eu/project/id/825003>
- DIH-HERO. (2020). *DIGITAL INNOVATION HUBS IN HEALTHCARE ROBOTICS*. Recuperado el 20 de 12 de 2020, de <https://dih-hero.eu/>
- Dylan. (1963). *Bob Dylan. The Times They Are A-Changin'*. Recuperado el 17 de 01 de 2021, de https://www.youtube.com/watch?v=90WD_ats6eE&ab_channel=BobDylanVEVO

- ED. (08 de 07 de 2018). *EDeconomíaDigital*. Recuperado el 01 de 02 de 2020, de La inteligencia artificial vence a 15 doctores en el diagnóstico de tumores:
https://www.economiadigital.es/tecnologia-y-tendencias/la-inteligencia-artificial-vence-a-15-doctores-en-el-diagnostico-de-tumores_565568_102.html
- EESC. (05 de 2016). *Factors for Growth. Priorities for Competitiveness, Convergence*. Recuperado el 12 de 07 de 2019, de European Economic and Social Committee:
<https://www.eesc.europa.eu/sites/default/files/resources/docs/qe-01-16-417-en-n.pdf>
- EGE. (2019). *European Group on Ethics in Science and New Technologies (EGE)*. Recuperado el 15 de 12 de 2019, de European Commision: https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/strategy/support-policy-making/scientific-support-eu-policies/ege_en
- El País. (18 de 11 de 2019). *Economía*. Recuperado el 02 de 03 de 2020, de El INE arranca el rastreo de millones de móviles pero hay formas de esquivarlo:
https://elpais.com/economia/2019/11/17/actualidad/1574008445_307680.html
- El País Economía. (08 de 2019). *China y la inteligencia artificial: el dragón busca el control*. (R. El País Economía. Retina, Editor, & Z. Aldama, Productor) Recuperado el 02 de 09 de 2019, de https://retina.elpais.com/retina/2019/08/06/tendencias/1565085577_387122.html
- Electoral Commission. (2020). Recuperado el 13 de 03 de 2020, de <https://www.electoralcommission.org.uk/who-we-are-and-what-we-do/elections-and-referendums/past-elections-and-referendums/eu-referendum/report-costs-delivering-june-2016-referendum-uks-membership-european-union>
- Enisa. (06 de 01 de 2020). *Agencia de la Unión Europea para la Ciberseguridad (ENISA)*. Recuperado el 29 de 02 de 2020, de Unión Europea: https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/enisa_es
- EOSC. (2019). *Comisión Europea*. Recuperado el 13 de 02 de 2020, de European Open Science Cloud: <https://ec.europa.eu/research/openscience/index.cfm?pg=open-science-cloud>

- EOSC. (05 de 07 de 2019). *European Open Science Cloud – EOSC*. Recuperado el 10 de 04 de 2020, de Horizonte 2020: <https://eshorizonte2020.es/actualidad/noticias/informacion-sobre-la-nube-europea-de-ciencia-abierta-european-open-science-cloud-eosc>
- EP. (2019). *Panel for the Future of Science and Technology (STOA). History and mission*. Recuperado el 07 de 31 de 2019, de European Parliament: <https://www.europarl.europa.eu/stoa/en/about/history-and-mission>
- EPIAM. (1988). *A Knowledge Based System for Epidemiology*. Recuperado el 18 de 05 de 2019, de <https://cordis.europa.eu/project/id/A1010-8705->
- ESB. (24 de 11 de 1992). *Expert System Builder*. Recuperado el 20 de 02 de 2020, de Comisión Europea: <https://cordis.europa.eu/project/id/1523>
- ETP. (12 de 02 de 2020). *European Technology Platforms*. Recuperado el 12 de 02 de 2020, de Parlamento Europeo Think Tank: [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_ATA\(2017\)603935](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_ATA(2017)603935)
- eTranslation. (2019). *Machine translation for public administrations — eTranslation*. Recuperado el 21 de 07 de 2019, de https://ec.europa.eu/info/resources-partners/machine-translation-public-administrations-etranslation_en#:~:text=eTranslation%20is%20an%20online%20machine,for%20Connecting%20Europe%20Facility%20projects.
- Eumetsat. (2017). *How to access Copernicus Sentinel-3 data*. Recuperado el 2020, de How to access Copernicus Sentinel-3 data: 16
- euRobotics. (2019). *Membership*. Recuperado el 01 de 10 de 2019, de <https://www.eu-robotics.net/eurobotics/membership/members/index.html>

euRobotics. (14 de 07 de 2019). *ROBOTICS IN EUROPE - Why is Robotics important?* Obtenido de <https://www.eu-robotics.net/sparc/about/robotics-in-europe/index.html>

euRobotics. (2019a). *SPARC*. Recuperado el 15 de 10 de 2019, de <https://www.eu-robotics.net/sparc/>

EuroHPC. (2019). *EuroHPC Joint Undertaking*. Recuperado el 20 de 11 de 2019, de Leading the way in the European Supercomputing: <https://eurohpc-ju.europa.eu/>

EuroHPC. (2020). *EuroHPC Joint Undertaking*. Recuperado el 2020 de 12 de 19, de Discover EuroHPC: <https://eurohpc-ju.europa.eu/discover-eurohpc>

Euronews. (14 de 09 de 2016a). Recuperado el 15 de 01 de 2019, de Juncker: "La Unión Europea sufre una crisis existencial, pero no se va a romper": <https://es.euronews.com/2016/09/14/juncker-la-union-europea-sufre-una-crisis-existencial-pero-no-se-va-a-romper>

Euronews. (15 de 09 de 2016b). Recuperado el 17 de 01 de 2010, de Hollande: "la crisis de la UE no es una más, puede ser la crisis de su propia existencia": <https://es.euronews.com/2016/09/15/hollande-la-crisis-de-la-ue-no-es-una-mas-puede-ser-la-crisis-de-su-propia>

Eurostat Statistics. (14 de 10 de 2020). *Digital economy and society statistics - households and individuals*. Recuperado el 06 de 12 de 2020, de https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Digital_economy_and_society_statistics_-_households_and_individuals#Internet_access

Expansión. (24 de 12 de 2017). *Economía digital*. Recuperado el 29 de 08 de 2019, de 2017: el despertar de la inteligencia artificial: <https://www.expansion.com/economia-digital/protagonistas/2017/12/24/5a381a94268e3eda478b45e7.html>

Federal Register. (14 de 02 de 2019). *Maintaining American Leadership in Artificial Intelligence*.

Recuperado el 07 de 12 de 2020, de Presidential Document:

<https://www.federalregister.gov/documents/2019/02/14/2019-02544/maintaining-american-leadership-in-artificial-intelligence>

Festo. (2019). *BionicWorkplace. Colaboración entre personas y robots con inteligencia artificial*.

Recuperado el 12 de 11 de 2019, de <https://www.festo.com/group/es/cms/13112.htm>

FLI. (2014). *Letter Future of Life Institute*. Recuperado el 12 de 12 de 2019, de Future of Life

Institute: <https://futureoflife.org/autonomous-weapons-open-letter-2017/>

FLI. (2017b). *Asilomar AI Principles*. Recuperado el 10 de 01 de 2020, de Future of Life Institute:

<https://futureoflife.org/ai-principles/>

FLI. (2019). *AI POLICY – CHINA*. Recuperado el 12 de 03 de 2020, de Future of Life Institute:

<https://futureoflife.org/ai-policy-china/>

FMI. (13 de 09 de 2018). *Yuval Noah Harari en conversación con Christine Lagarde*. Recuperado el

18 de 10 de 2019, de Fondo Monetario Internacional:

<https://www.youtube.com/watch?v=t5Y2CwCsnbA&t=1423s>

France24. (07 de 03 de 2019). *Macron*. Recuperado el 13 de 03 de 2020, de

<https://www.france24.com/es/20190306-carta-macron-propuestas-europa-elecciones>

Galileo. (30 de 12 de 2019). *Galileo: el Sistema Global de Navegación por Satélite Europeo*.

Recuperado el 30 de 12 de 2019, de European Global Navigation Satellite Systems Agency:

<https://www.gsa.europa.eu/galileo-el-sistema-global-de-navegaci%C3%B3n-por-sat%C3%A9lite-europeo>

GII-China. (2019). *OMPI. Organización mundial de la propiedad intelectual*. Recuperado el 05 de 12 de 2020, de Global Innovation Index 2019:

https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2019/cn.pdf

- GII-rankings. (2019). *OMPI. Organización Mundial de la Propiedad Intelectual*. Recuperado el 04 de 12 de 2020, de Global Innovation Index 2019:
<https://www.wipo.int/publications/es/details.jsp?id=4434>
- GVA. (2018). *RIS3 COMUNITAT VALENCIANA*. Recuperado el 09 de 08 de 2010, de
<http://www.ris3cv.gva.es/es/que-es-ris3>
- GVA. (2020). *Portal de Dades Obertes de la Generalitat Valenciana*. Recuperado el 17 de 12 de 2020, de Conselleria de Participació, Transparència, Cooperació i Qualitat Democràtica.:
<http://portaldadesobertes.gva.es/es>
- Hanson Robotics. (2020). *Hanson AI. Developing Meaningful AI Interactions*. Recuperado el 04 de 02 de 2020, de <https://www.hansonrobotics.com/>
- HLG. (03 de 06 de 2019). *Register of Commission expert groups*. Recuperado el 12 de 15 de 2020, de Horizon 2020 High-level Strategy Group on Industrial Technologies (E03540):
<https://ec.europa.eu/transparency/regexpert/index.cfm?do=groupDetail.groupDetail&groupID=3540>
- Horizon 2020. (15 de 10 de 2019). *Horizon 2020*. Recuperado el 15 de 10 de 2019, de
<https://www.pnoconsultants.com/es/financiacion/horizon-2020/>
- HRW. (10 de 12 de 2019). *EU Human Rights Watch*. Recuperado el 10 de 12 de 2019, de Unión Europea: <https://www.hrw.org/europe/central-asia/european-union>
- Humaint. (07 de 01 de 2020). *HUman Behavior and MAchine INTelligence in the Digital Transformation*. Recuperado el 07 de 01 de 2020, de Comisión Europea:
<https://ec.europa.eu/jrc/communities/en/community/1162/useful-links>
- IBM. (2019). *Healthcare technology to support your needs*. Recuperado el 19 de 01 de 2020, de
<https://www.ibm.com/watson-health>

IBM. (2019). *Improve point-of-care decision-making with cloud*. Recuperado el 29 de 12 de 2019, de Improve point-of-care decision-making with cloud

IBM. (11 de 02 de 2019). *Live Debate - IBM Project Debater*. Recuperado el 02 de 04 de 2019, de <https://www.youtube.com/watch?v=m3u-1yttrVw&t=1296s>

ICEX. (10 de 2016). *Instituto de Comercio Exterior*. Recuperado el 05 de 12 de 2020, de Plan Made in China 2025.: <https://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/paises/navegacion-principal/el-mercado/estudios-informes/DOC2016671546.html?idPais=CN#>

IDC. (01 de 02 de 2017). *European Data Market*. Recuperado el 16 de 12 de 2019, de SMART 2013/0063 - Final Report: https://www.key4biz.it/wp-content/uploads/2018/04/SMART20130063_Final-Report_030417_2.pdf

IDC. (07 de 2018). *Cómo se suman la Ciencia de Datos + Big Data + Inteligencia Artificial par acelerar el conocimiento*. Recuperado el 09 de 08 de 2019, de <https://cdn.idc.com/COMMONS/REGIONAL/LATAM/ATTACHMENTS/infobrief.pdf?guid=21de8659-4596-40bd-abda-9448ba2773fa>

Ideko. (01 de 10 de 2016). *Cognitively enhanced robot for flexible manufacturing of metal and composite parts*. Recuperado el 14 de 08 de 2019, de IDEKO S COOP: <https://cordis.europa.eu/project/id/723853>

IEEE. (2019). *The world's largest technical professional organization for the advancement of technology*. Recuperado el 22 de 12 de 2019, de <https://ethicsinaction.ieee.org>

IFR. (2020). *International Federation of Robotics*. Recuperado el 12 de 01 de 2020, de Service Robots: <https://ifr.org/service-robots>

- Ikaros. (3 de 12 de 1992). *Ikaros. Intelligence and Knowledge-Aided Recognition of Speech*. Recuperado el 19 de 02 de 2020, de Comisión Europea: <https://cordis.europa.eu/project/id/1627/es>
- INEA. (2019). *2018 CEF Telecom Call - Automated Translation (CEF-TC-2018-2)*. Recuperado el 12 de 02 de 2020, de Comisión Europea: <https://ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility/cef-telecom/apply-funding/2018-automated-translation>
- Internet live stats. (15 de 12 de 2019). *Internet live stats*. Recuperado el 15 de 12 de 2019, de <https://www.internetlivestats.com/>
- IPCC. (2019). *Calentamiento global de 1,5°C*. Recuperado el 11 de 03 de 2020, de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf
- JNeurosci. (2020). *Society for Neuroscience*. Recuperado el 10 de 11 de 2020, de The journal of neuroscience: <https://www.jneurosci.org/>
- Jover, J. (03 de 12 de 2020). *CONFLEGAL. Josep Jover i Padró*. Recuperado el 04 de 12 de 2020, de Reglamento Europeo sobre protección de datos no personales: Un texto desconocido pero esencial: <https://conflegal.com/20200226-reglamento-europeo-sobre-proteccion-de-datos-no-personales-un-texto-desconocido-pero-esencial/>
- JRC. (10 de 10 de 2017). *EU SCIENCE HUB*. Obtenido de ew three year interdisciplinary project, HUMAINT: <https://ec.europa.eu/jrc/en/science-update/humaint-project>
- Kapodistriako. (01 de 01 de 2019). *From Copernicus Big Data to Extreme Earth Analytics*. Recuperado el 14 de 08 de 2019, de ETHNIKO KAI KAPODISTRIAKO PANEPISTIMIO: <https://cordis.europa.eu/project/id/825258>
- KAVAS. (01 de 01 de 1988). *Knowledge Acquisition, Visualization and Assessment System*. Recuperado el 01 de 04 de 2019, de <https://cordis.europa.eu/project/id/A2019/results>

KAVAS. (1992). *Knowledge Acquisition, Visualization and Assessment System*. Recuperado el 02 de 04 de 2019, de <https://cordis.europa.eu/project/id/A2019>

Levy, B.-H. (18 de 10 de 2017). *Instituto 9 de mayo*. Recuperado el 03 de 12 de 2019, de Europa no es un lugar, sino una idea:
https://www.youtube.com/watch?v=krzfcWUzXQg&ab_channel=MentesBrillantes

Leyen. (2019). *Una Unión que se esfuerza por lograr más resultados. Mi agenda para Europa*. Recuperado el 15 de 10 de 2020, de ORIENTACIONES POLÍTICAS PARA LA PRÓXIMA COMISIÓN EUROPEA 2019-2024: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/political-guidelines-next-commission_es_1.pdf

McKinsey. (02 de 10 de 2017). *McKinsey & Company*. Recuperado el 07 de 12 de 2020, de 10 imperatives for Europe in the age of AI and automation:
<https://www.mckinsey.com/featured-insights/europe/ten-imperatives-for-europe-in-the-age-of-ai-and-automation#>

McKinsey. (03 de 12 de 2017a). *Digital China: Powering the economy to global competitiveness*. Recuperado el 01 de 28 de 2021, de McKinsey Global Institute:
<https://www.mckinsey.com/featured-insights/china/digital-china-powering-the-economy-to-global-competitiveness#>

McKinsey. (28 de 10 de 2020). *McKinsey & Company*. Recuperado el 02 de 11 de 2020, de Artificial Intelligence. AI is moving from the lab to the workplace, with profound implications for business and society.: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence>

McKinsey. (17 de 11 de 2020a). *McKinsey & Company Home*. Recuperado el 02 de 12 de 2020, de An executive's guide to AI: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/an-executives-guide-to-ai>

MERICS. (12 de 2016). *MADE IN CHINA 2025. The making of a high-tech superpower and consequences for industrial countries*. Recuperado el 31 de 01 de 2021, de Mercator

- Institute for China Studies: <https://merics.org/sites/default/files/2020-04/Made%20in%20China%202025.pdf>
- Microsoft. (2019). *Principios AI*. Recuperado el 12 de 01 de 2020, de <https://www.microsoft.com/es-mx/ai/responsible-ai>
- MIT Technology. (07 de 05 de 2019). *MIT TECHNOLOGY REVIEW*. Recuperado el 05 de 12 de 2020, de Así es la estrategia de EE. UU. para quitarle a China el trono de la IA: <https://www.technologyreview.es/s/11013/asi-es-la-estrategia-de-ee-uu-para-quitarle-china-el-trono-de-la-ia>
- Motor1.com. (12 de 2019). *Niveles de conducción autónoma*. Recuperado el 14 de 01 de 2020, de <https://es.motor1.com/news/338087/niveles-conduccion-coche-autonomo/>
- Murab. (2016). *MRI and Ultrasound Robotic Assisted Biopsy*. Recuperado el 16 de 02 de 2020, de <https://www.murabproject.eu>
- Murab. (06 de 06 de 2018). *Murab: an EU-funded project success story*. Recuperado el 04 de 02 de 2020, de Comisión Europea: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/murab-eu-funded-project-success-story>
- Murab. (2020). *MRI and Ultrasound Robotic Assisted Biopsy*. Recuperado el 19 de 12 de 2020, de Final Results.: <https://www.murabproject.eu/final-results-in-brief/>
- NBC Universal. (2013). *Watson and Jeopardy! Challenge*. Recuperado el 20 de 12 de 2019, de <https://www.youtube.com/watch?v=P18EdAKuC1U>
- Obama. (2017). *Synthesizing Obama: Learning Lip Sync from Audio*. Recuperado el 10 de 01 de 2018, de SIGGRAPH 2017: <https://grail.cs.washington.edu/projects/AudioToObama/>
- OCDE. (22 de 05 de 2019). *OECD Legal Instruments*. Recuperado el 20 de 12 de 2019, de Recommendation of the Council on Artificial Intelligence:

<https://www.oecd.org/centrodemexico/medios/cuarentaydospaisessadoptanlosprincipiosdelaocdesobreinteligenciaartificial.htm>

ONU. (31 de 01 de 2019). *Crecimiento espectacular del número de inventos ligados a la inteligencia artificial*. Recuperado el 18 de 08 de 2029, de Noticias ONU:

<https://news.un.org/es/story/2019/01/1450352>

PDA. (2019). *Portal de datos abiertos de la UE*. Recuperado el 07 de 01 de 2020, de Acceso a los datos abiertos de la UE: <https://data.europa.eu/euodp/es/home>

PE. (29 de 10 de 2004). *Proyecto de Tratado por el que se instituye una Constitución para Europa (no ratificado)*. Recuperado el 01 de 04 de 2019, de Parlamento Europeo:

<https://www.europarl.europa.eu/about-parliament/es/in-the-past/the-parliament-and-the-treaties/draft-treaty-establishing-a-constitution-for-europe>

PE. (2012). *Sobre el Parlamento. Tratado Euratom*. Recuperado el 01 de 02 de 2020, de Parlamento Europeo: <https://www.europarl.europa.eu/about-parliament/es/in-the-past/the-parliament-and-the-treaties/euratom-treaty>

PE. (16 de 05 de 2018). *I am Doctor Robot. What can I do for you?* Recuperado el 08 de 08 de 2019, de Parlamento Europeo. Think Tank:

https://www2.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_ATA%282018%29614747

PE. (04 de 2019a). *El mercado único digital omnipresente*. Recuperado el 18 de 11 de 2019, de Parlamento Europeo: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/43/el-mercado-unico-digital-omnipresente>

PE. (05 de 2019b). *Una Agenda Digital Europea*. Recuperado el 17 de 12 de 2019, de Parlamento Europeo: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/64/una-agenda-digital-para-europa>

- PE. (2020). *Sobre el Parlamento Europeo*. Recuperado el 04 de 08 de 2020, de Tratado de la Unión Europea (TUE) / Tratado de Maastricht.: <https://www.europarl.europa.eu/about-parliament/es/in-the-past/the-parliament-and-the-treaties/maastricht-treaty>
- PED. (2019). *Portal datos*. Recuperado el 14 de 08 de 2019, de Portal Europeo de Datos: <https://www.europeandataportal.eu/es/>
- PPPs. (12 de 08 de 2019). *APP - ESHorizonte Asociaciones publico-privadas*. Recuperado el 12 de 08 de 2019, de <https://eshorizonte2020.es/mas-europa/grandes-iniciativas/asociaciones-publico-privadas-ppps>
- Público. (15 de 03 de 2018). *Protección de Datos sanciona a Whatsapp y Facebook por ceder y tratar datos personales de usuarios sin su consentimiento*. Recuperado el 17 de 06 de 2029, de <https://www.publico.es/ciencias/proteccion-datos-sanciona-whatsapp-y-facebook-ceder-y-tratar-datos-personales-usuarios-consentimiento.html>
- Q_F. (29 de 12 de 2019). *Quantum Flagship*. Recuperado el 29 de 12 de 2019, de The Future is Quantum: <https://qt.eu/>
- Redacción médica. (27 de 02 de 2019). *El Clínic realiza la primera operación 'a distancia' con tecnología 5G*. Recuperado el 15 de 03 de 2020, de <https://www.redaccionmedica.com/secciones/tecnologia/el-clinic-realiza-la-primera-operacion-a-distancia-con-tecnologia-5g-1756>
- Ricerche. (14 de 08 de 2019). *Goal-based Open-ended Autonomous Learning Robots*. Recuperado el 20 de 11 de 2019, de CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE: <https://cordis.europa.eu/project/id/713010>
- Robótica industrial. (23 de 06 de 2014). *Sparc, el mayor proyecto de robótica del mundo en manos de Europa*. Recuperado el 15 de 12 de 2019, de <https://www.interempresas.net/Robotica-industrial/Articulos/124389-Sparc-el-mayor-proyecto-de-robotica-del-mundo-en-manos-de-Europa.html>

- S_Ana. (01 de 01 de 2017). *The CYBERnetic LowEr-Limb CoGnitive Ortho-prosthesis Plus Plus*. Recuperado el 14 de 08 de 2019, de SCUOLA SUPERIORE DI STUDI UNIVERSITARI E DI PERFEZIONAMENTO S ANNA: <https://cordis.europa.eu/project/id/731931>
- SAE-autodrive. (01 de 10 de 2014). *SAE International Technical Standard Provides Terminology for Motor Vehicle Automated Driving Systems*. Recuperado el 16 de 09 de 2019, de <https://www.sae.org/autodrive>
- SAS-AIoT. (02 de 04 de 2020). *SAS and the Artificial Intelligence of Things (AIoT)*. Recuperado el 02 de 04 de 2020, de https://www.sas.com/es_es/explore/resources/aiot.html
- Schengen. (2019). *Paises del Espacio Schengen*. (UE, Editor) Recuperado el 12 de 30 de 2019, de <https://www.schengenvisainfo.com/es/schengen-paises/>
- Science Hub. (15 de 02 de 2020a). *Joint Research Centre (JRC). EU SCIENCE HUB*. Recuperado el 15 de 02 de 2020, de Comisión Europea: <https://ec.europa.eu/jrc/en>
- Science Hub. (15 de 02 de 2020b). Recuperado el 15 de 02 de 2020, de Comisión Europea: <https://ec.europa.eu/jrc/en/about/jrc-in-brief/data-policy>
- SDT. (2001). *Commission prepares its language services for enlargement*. Recuperado el 28 de 11 de 2019, de Comisión Europea: https://europa.eu/rapid/press-release_IP-01-1869_en.htm?locale=EN
- SEPD. (2019). *Supervisor Europeo de Protección de Datos*. Recuperado el 07 de 01 de 2020, de Unión Europea: https://europa.eu/european-union/about-eu/institutions-bodies/european-data-protection-supervisor_es
- SKF. (01 de 02 de 2005). *Research training in artificial intelligence for industrial applications*. Recuperado el 14 de 08 de 2019, de SKF B.V.: <https://cordis.europa.eu/project/id/514510>

- SMARTsurg. (2016). *New Horizon 2020 robotics projects, 2016: SMARTsurg*, <https://www.eu-robotics.net/sparc/newsroom/press/new-horizon-2020-robotics-projects-2016-smartsurg.html?changelang=2>. Recuperado el 12 de 12 de 2019, de Comisión Europea: <https://cordis.europa.eu/project/id/732515/es>
- SMARTsurg. (20 de 02 de 2017). *Launch of SMARTsurg: A new EU project to develop a wearable robotic system for minimally invasive surgery*. Recuperado el 18 de 10 de 2019, de <http://www.smartsurg-project.eu/latest-updates/news/52-launch-of-smartsurg>
- Society 5.0. (10 de 09 de 2019). *Concept*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?reload=9&v=SYrv6kOsU1o>
- SPARC. (2018). *Robotics Projects funded by H2020*. Recuperado el 15 de 12 de 2019, de euRobotics/SPARC: <https://www.eu-robotics.net/sparc/projects/robotics-projects-funded-by-horizon2020.html?changelang=2>
- Spire. (2019). *Sustainable Process Industry through Resource and Energy Efficiency*. Recuperado el 12 de 08 de 2019, de <https://www.spire2030.eu/>
- SPRI. (20 de 05 de 2020). *El blog de la empresa vasca*. Recuperado el 19 de 12 de 2020, de La nueva generación de robots impulsados por inteligencia Artificial cambia los procesos de fabricación en el sector naval, aeronáutico y energético: <https://www.spri.eus/es/basque-industry-comunicacion/nueva-generacion-robots-impulsados-inteligencia-artificial-cambia-procesos-fabricacion-sector-naval-aeronautico-energetico/>
- SRL. (2018 de 05 de 01). *Smart Manufacturing Platform for Industrial Part Production through Artificial Intelligence, Big Data & Robotics*. Recuperado el 14 de 08 de 2019, de PINTOTECNO SRL: <https://cordis.europa.eu/project/id/816098>
- TCE. (09 de 2018). *TCE. Asociaciones público-privadas en la UE: Deficiencias generalizadas y beneficios limitados*. Recuperado el 08 de 18 de 2019, de Tribunal De Cuentas Europeo: <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/ppp-9-2018/es/>

Telefónica Fundación. (04 de 2018). *Economía de los Datos. Riqueza 4.0*. Recuperado el 12 de 12 de 2019, de Espacio Fundación Telefónica Madrid:

<https://espacio.fundaciontelefonica.com/evento/economia-de-los-datos-riqueza-4-0/>

The Guardian. (04 de 12 de 2016). *Google, democracy and the truth about internet search*.

Recuperado el 30 de 07 de 2019, de International Edition:

<https://www.theguardian.com/technology/2016/dec/04/google-democracy-truth-internet-search-facebook>

The New York Times. (31 de 01 de 2018). *Amazon Wants to Disrupt Health Care in America. In China, Tech Giants Already Have*. Recuperado el 16 de 12 de 2019, de

<https://www.nytimes.com/2018/01/31/technology/amazon-china-health-care-ai.html?partner=IFTTT>

The New York Times. (06 de 10 de 2020). *House Lawmakers Condemn Big Tech's 'Monopoly Power' and Urge Their Breakups*. Recuperado el 07 de 12 de 2020, de

<https://www.nytimes.com/2020/10/06/technology/congress-big-tech-monopoly-power.html>

UE. (02 de 05 de 2017). *Shaping Europe's digital future*. Recuperado el 17 de 12 de 2019, de Final results of the European Data Market study measuring the size and trends of the EU data economy: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/final-results-european-data-market-study-measuring-size-and-trends-eu-data-economy>

UE. (18 de 06 de 2018). *Inteligencia artificial: la Comisión debate sobre las consecuencias éticas y sociales con organizaciones filosóficas y no confesionales*. Recuperado el 15 de 08 de 2019, de Comunicado de prensa Comisión Europea:

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/IP_18_4160

UE. (13 de 02 de 2019a). *El lema de la UE*. Recuperado el 15 de 12 de 2019, de Unión Europea:

https://europa.eu/european-union/about-eu/symbols/motto_es

- UE. (31 de 12 de 2019b). *Instituciones y organismos de la UE*. Recuperado el 20 de 2 de 2020, de Unión Europea.: https://europa.eu/european-union/about-eu/institutions-bodies_es
- UE. (13 de 11 de 2019c). *La historia de la UE*. Recuperado el 2 de 3 de 2020, de Unión Europea.: https://europa.eu/european-union/about-eu/history_es
- UE. (13 de 03 de 2019d). *Mercado Único*. Recuperado el 17 de 03 de 2020, de Unión Europea: https://europa.eu/european-union/topics/single-market_es
- UE. (2019e). *Competitividad de las PYME*. Recuperado el 11 de 12 de 2019, de https://ec.europa.eu/regional_policy/es/policy/themes/sme-competitiveness/#:~:text=Las%20peque%C3%B1as%20y%20medianas%20empresas,los%20empleos%20del%20sector%20privado.
- UE. (12 de 02 de 2020a). *Lenguas de la UE*. Recuperado el 09 de 01 de 2020, de Unión Europea: https://europa.eu/european-union/about-eu/eu-languages_es
- UE. (07 de 05 de 2020b). *Declaración de Robert Schuman, 9 de mayo de 1950*. Recuperado el 16 de 01 de 2021, de https://europa.eu/european-union/about-eu/symbols/europe-day/schuman-declaration_es
- UN. (2019). *ODS*. Recuperado el 11 de 12 de 2019, de Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
- Vrije. (01 de 03 de 1996). *Imitation of movements as a step towards the development of artificial social intelligence for autonomous robots*. Recuperado el 19 de 08 de 2019, de Vrije Universiteit Brussel: <https://cordis.europa.eu/project/id/FMBI950163>
- WIPO. (2019). *WIPO Technology Trends 2019 – Artificial Intelligence*. Recuperado el 19 de 02 de 2020, de <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4386>

Xinhua. (28 de 04 de 2020). *Agencia Oficial de Noticias de China*. Recuperado el 06 de 12 de 2020, de Población de internautas de China crece hasta 904 millones:

[http://spanish.xinhuanet.com/2020-](http://spanish.xinhuanet.com/2020-04/28/c_139014693.htm#:~:text=BEIJING%2C%2028%20abr%20(Xinhua),del%20sector%20en%20el%20pa%C3%ADs)

[04/28/c_139014693.htm#:~:text=BEIJING%2C%2028%20abr%20\(Xinhua\),del%20sector%20en%20el%20pa%C3%ADs](http://spanish.xinhuanet.com/2020-04/28/c_139014693.htm#:~:text=BEIJING%2C%2028%20abr%20(Xinhua),del%20sector%20en%20el%20pa%C3%ADs).

15.4) Índice de figuras y tablas

Figura 1 Características de las fases del ciclo de vida de los Sistemas Tecnológicos de gran Escala 21

Tabla 1. Programas European Strategic Programme for Research in Information Technology (ESPRIT)..... 63

Tabla 2. Programas Marco de investigación y desarrollo tecnológico. 64

Tabla 3. Planes e inversiones en proyectos de traducción automática 78

16) ANEXOS

Anexo A. Comparación cualitativa en los Estudios Sociales de la Tecnología

La comparación es la examinación de dos o más cosas para determinar las diferencias y semejanzas que hay entre ellas. En sentido más formal, para Giovanni Sartori (1984), la comparación es un método de control de generalizaciones del que se valen las ciencias sociales de varios instrumentos o técnicas de comprobación, que, siguiendo un orden decreciente de más satisfactorio a menos se observan tres aproximaciones: el método experimental, el estadístico y el comparado. El primero, ampliamente utilizado en psicología resulta de difícil aplicación en la ciencia histórica, al igual que ocurre con el método estadístico a modo de procedimiento de análisis cuantitativo (datos duros). En consecuencia, cuando el experimento es imposible, y cuando faltan datos pertinentes y suficientes para un tratamiento de tipo estadístico, entonces no hay otra opción: se comprueba comparando cualitativamente (datos blandos). Debemos aclarar que este autor también menciona un cuarto método denominado histórico equivalente al método comparativo cualitativo, aunque menos seguro o satisfactorio. Sin embargo, aclara enseguida que no se refiere a él como otro método de control sino como un método historiográfico del que se vale el historiador para conocer y comprender la historia (Sartori, 1984 pp. 262-263).

Como prueba de la relevancia de la estrategia comparativa en la construcción del conocimiento y la comprensión de los hechos históricos sociales, apuntamos que no son pocos los autores que sostienen en el ámbito de las ciencias sociales, que el enfoque debe ser comparativo. En otras palabras y tomando todas las precauciones y salvedades, se dice que si el enfoque no es comparativo entonces no es científico (Durkheim, 1947; Lasswell, 1968; Sartori, 1984). En esta línea argumental, la cuestión deviene en decidir ¿qué es comparable y en qué aspectos?, esto es, con qué propiedades o características son comparables los contextos conceptuales a estudiar, término que aclararemos en breve. La

posibilidad de comparación se basa en la homogeneidad de los conceptos de clase¹, mientras que por el contrario, la imposibilidad de comparación está dada por la heterogeneidad, es decir, dos o más cosas pueden compararse en la medida en que pertenecen —por las características que las hacen tales— a una misma clase (Sartori, 1984).

Una vez superado el obstáculo de establecer los conceptos de clase, habrá que decidir cuál es la estrategia comparativa a adoptar con el propósito de alcanzar los objetivos científicos. A veces el investigador subraya las similitudes, a veces las diferencias, y otras prestará atención a las diferencias en los contextos que son similares, o buscará analogías en sistemas diferentes (Dogan y Pelassy, 1984). A lo largo de una escala de abstracción conceptual se pueden ubicar muchos niveles de inclusividad, o a la inversa, de especificidad, en que priman las diferencias o las analogías. Algunos ejemplos son: 1) Un alto nivel de abstracción con el uso de categorías universales aplicables a todo lugar y tiempo; 2) Un nivel medio de abstracción con categorías generales en las que se destacan las semejanzas en detrimento de las diferencias; y 3) Un bajo nivel de abstracción, con categorías contextuales o individualizadora en que las diferencias predominan sobre las semejanzas. En rigor, en cada punto de la escala de abstracción se debe elegir un punto equidistante apropiado entre el radio explicativo y la precisión descriptiva, esto es, entre lo que se gana en acercamiento comprensivo y lo que se pierde en detalles innecesarios (Sartori, 1984).

Despejado el campo del verbalismo cuantitativo, ya conviene aclarar el término contextos conceptuales. Para Joseph Maxwell (1996) estos contextos son los sistemas de conceptos, supuestos, expectativas, creencias e hipótesis del propio investigador que configura una

¹ A modo de ejemplo, tomemos un cesto de mimbre con manzanas y otro con peras. Ambas frutas son comparables respecto a las propiedades que tienen en común y no comparables respecto a otras. Manzanas y peras son comparables como fruta, como comestibles o como entidades que crecen en los árboles, pero no en cuanto a su forma. Obsérvese, pues, que tanto la homogeneidad como la heterogeneidad no son *in natura* a los conceptos de clase, sino que son clases fabricadas por la lógica clasificatoria del investigador, o si se quiere, por criterios de clasificación dados por el propio historiador.

teoría tentativa de lo que está sucediendo y porqué. El contexto conceptual se construye, es decir, no puede ser encontrado porque no existía previamente, y es cada investigador quien lo edifica progresivamente con su trabajo científico tratando de captar el núcleo de interés y los elementos clave de la realidad estudiada².

² (Véase Anexo B).

Anexo B. Elementos clave de la evidencia empírica

Los elementos clave de la evidencia empírica obtenidos de los documentos institucionales de la UE ordenados por año son los siguientes:

DÉCADAS DE LOS CINCUENTA y SESENTA del siglo XX

- La invención del sistema de traducción automática por ordenador surgió en Estados Unidos a finales de los años cincuenta del siglo XX con el sistema SYSTRAN.

En la década de los sesenta no se aprecia ningún elemento clave significativo.

DÉCADA DE LOS SETENTA

- A finales de la década de los setenta la Comisión Europea decidió invertir en el desarrollo y la innovación del sistema de traducción automática por motivos tanto de naturaleza cultural como económica de reducción de costes en el proceso manual de traducción.

- Predominaba la sensación de un posible impacto de la tecnología digital en la sociedad de la información con el desempleo, debido a las competencias humanas que se eliminarían como las tareas repetitivas que sucumbirían ante las nuevas tecnologías digitales.

- La inteligencia artificial fue nombrada por primera vez en un Comunicado de la Comisión Europea de 30 de junio de 1977 que llevaba por título: “The common policy in the field of science and technology”. Incidía en los efectos a largo plazo de los procesos científicos y tecnológicos. En 1977 se percibía la IA en la UE como una tecnología revolucionaria.

DÉCADA DE LOS OCHENTA

- En la década de los ochenta, se impulsó el desarrollo del proyecto EUROTRA debido a las expectativas tecnológicas anunciadas en el tercer Congreso de Luxemburgo de 1977

con nuevo y mejor software. Fue con este proyecto en 1980 cuando la IA se incorporó al relato de la traducción automática de la UE.

- A lo largo de los programas tecnológicos ESPRIT y Programas Marco de investigación y desarrollo se llevan a cabo proyectos de I+D+i basados en las TIC y la IA, la RA y el BD, y se fundan asociaciones para impulsar el desarrollo tecnológico.
- Las Directivas sobre productos defectuosos (año 1985) no eran de aplicación directa en el ámbito de las tecnologías con IA.
- A finales de los ochenta del siglo XX el Consejo avistó la relación entre el ámbito de la sanidad y la IA.

DÉCADA DE LOS NOVENTA

- A principios de la década de los noventa, se observó que el desarrollo del sistema de traducción automática podría conducir a un empobrecimiento lingüístico, debido a la desaparición de las particularidades de cada idioma, en especial en materia de vocabulario.
- A mediados de la década de los noventa se vinculó políticamente la IA con los procesos de producción industrial en la UE. También irrumpió internet que dio lugar a la economía digital basada en las tecnologías digitales.
- A mediados de la década de los noventa aconteció una anomalía presunta en el sistema de traducción automática EUROTRA, que muy probablemente, fuera el motivo del vacío existente de sistemas de traducción en la UE hasta la segunda década del siglo XXI.
- En la década de los noventa se reflejó la sensación de un posible impacto de la tecnología digital en la sociedad, que proyectada en la economía digital se especuló con que cambiaría la forma de trabajar, de hacer negocios, de aprender, de jugar y de pensar.

1ª DÉCADA DE LOS 2000

- Las Directivas sobre el sector de las máquinas (año 2006) no eran de aplicación directa en el ámbito de las tecnologías con IA.

- Se observa la necesidad de un marco que jurídico que obligue a mantener un registro de los robots autónomos y contemple las responsabilidades de sus acciones. Asimismo, que regule su dinámica en la medicina digital, es decir, en la asistencia geriátrica y la cirugía robótica, y en los diagnósticos, tratamientos y prescripción médica.

Entre 2010 y 2014

- En 2010 se aprobaron la estrategia Europa 2020 y la Agenda Digital para Europa con el propósito de lograr que el Mercado Único Digital no se quedara atrás en la construcción de su futuro tratando de aprovechar al máximo el potencial de crecimiento de la economía digital.

- A partir de 2013 emergen las primeras asociaciones público-privadas y plataformas como SPARC, euRobotics y BDVA, relacionadas con la industria y la IA, así como los polos de innovación digital, centros de excelencia en IA y los programas de supercomputación. También se fundaron entornos experimentales en desarrollo, ensayo e innovación.

- Desde 2013 el crecimiento del número de inventos relacionados con la IA fue muy elevado. Las patentes y las publicaciones ligadas a la IA se incrementaron espectacularmente.

- La economía de los datos en 2014 equivalía al 1,85 % del PIB de la UE con tendencia al alza y pudiendo alcanzar el 3,17 % en 2020. Se constata la escasez en Europa de profesionales en análisis de datos en IA [*AI data scientists*].

- (2014) La economía digital europea había sido lenta a la hora de adoptar la economía de los datos. Las causas se encontraban en la alta complejidad y diversidad de los marcos jurídicos de los Estados miembros, que junto con el acceso insuficiente tanto al big data debido a las restricciones de libre circulación de datos en el Espacio Económico Europeo como a la insuficiente supercomputación en la nube, crean barreras jurídicas y tecnológicas de entrada a las pymes y frenan la innovación.

Entre 2015 y 2019

- Desde la segunda década del siglo XXI la UE financia proyectos de desarrollo de la IA y la robótica en ámbitos de la sanidad con la participación de instituciones universitarias y empresas privadas (p.e., Murab).

- La UE promociona las plataformas digitales para conectar los centros especializados en robótica sanitaria en una red paneuropea (p.e., DIH_HERO).
- El Parlamento observa que la robótica autónoma tiene el potencial de reducir los gastos sanitarios y de proporcionar importantes beneficios sociales y económicos con el despliegue de estas tecnologías.
- Se innova con aplicaciones de IA en diagnósticos y tratamientos médicos (p.e., Babylon) y en cirugía digital a distancia (p.e., Cirujano Remoto 5G).
- En 2016 la UE contaba con 254.850 empresas de datos (organizaciones cuya actividad principal es elaborar productos, servicios y tecnologías relacionados con los datos), cifra que podría llegar a 360.000 en 2020 en condiciones de un crecimiento anual del 8,9 %.
- Existe normativa europea para regular las cuestiones concernientes al big data, tanto la referida a los datos personales (2016) como a los datos no personales (2018). Los Reglamentos sobre el BD aportan, por una parte, seguridad jurídica a los ciudadanos y a las organizaciones con el RGPD, y por otra, eliminan los obstáculos a la libre circulación de datos de carácter no personal para potenciar la economía de los datos en el Espacio Económico Europeo.
- En la segunda década del siglo XXI florecieron novedades en modelos empresariales (p.e., la desintermediación con las plataformas digitales relacionadas con el big data) y nuevas profesiones (p.e., científico de datos en IA) que refleja el impacto de la economía digital.
- A mediados de la segunda década del siglo XXI el interés por la ética en la IA se había generalizado con diversas iniciativas como los foros y cumbres globales. Emergieron problemáticas de carácter ético como los robots asesinos, que movilizaron a organizaciones como Human Right Watch, Future of Life, IEEE, AI4People, European Group on Ethics in Science and New Technologies (EGE), OCDE.
- En el año 2017 con tecnología de aprendizaje profundo de redes neuronales de IA, se implantó la plataforma digital eTranslation que proporciona traducciones automáticas en línea para las administraciones públicas y las pequeñas y medianas empresas, facilitando la traducción de las lenguas no reconocidas oficialmente y ayudando a mantener la diversidad lingüística europea.
- La política europea fomenta la investigación Open Science, por ejemplo, con la financiación de un portal paneuropeo dedicado a la Nube Europea de la Ciencia. Es decir, se innova en el modo de percibir la I+D+i.

- Un fuerte impulso al desarrollo de la IA. En 2018 la Comisión estableció el objetivo de aumentar la inversión y alcanzar un total (sector público y privado combinados) de no menos de 20.000 millones de euros en el período 2018-2020, y también de incrementar las inversiones progresivamente hasta los 20.000 millones de euros por año en el transcurso de la próxima década (COM/2018/237). Coordinado con estrategias en curso, la Comisión aumentó las inversiones en IA en base al Programa Marco Horizonte 2020 a 1.500 millones de euros en el período 2018-2020. En el próximo marco financiero plurianual, la Comisión ha propuesto dedicar al menos 1.000 millones de euros por año en el Programa Marco Horizonte Europa.
- En 2018 la Comisión consideró mediante la estrategia industrial y tecnológica «AI Made in Europe» a las tecnologías relacionadas con la IA la principal impulsora del crecimiento económico y productivo de la UE que contribuiría a la sostenibilidad de la base industrial en Europa.
- En 2018 se aprobaron las primeras normas jurídicas y la creación de los primeros programas de investigación y desarrollo del big data. La Comisión afirmaba que con el Reglamento sobre datos no personales la UE había creado un marco jurídico sólido para el desarrollo sostenible de la economía de los datos.
- No existe normativa jurídica especial para regular las cuestiones que se plantean en relación a la responsabilidad de la IA (robots y softbots autónomos). En el marco jurídico actual estas tecnologías no son consideradas responsables de los actos u omisiones que causan daños a terceros; sin embargo, la falta de legislación específica sobre responsabilidad objetiva puede limitar el desarrollo de la IA, por ejemplo, en los ámbitos de la conducción autónoma y la medicina digital.
- En 2018 se produce una invención conceptual radical expresada en un documento institucional del Parlamento Europeo: la personalidad jurídica específica de los robots autónomos con responsabilidad de los daños que puedan causar.
- En 2018, la compañía WhatsApp cedió datos personales a la red social Facebook sin el consentimiento válido de los interesados y realizó un tratamiento de esos datos sin autorización, lo que acarreó una sanción económica.
- En 2018, intensificar las inversiones para reforzar la innovación en todos los ámbitos de la economía y prepararse para las transformaciones sociales y económicas que pudiera originar el despliegue de la IA.
- La incidencia de la IA en la sociedad podría ser, por ejemplo, en la libertad de expresión, la libertad de reunión, la dignidad humana, desinformación, la discriminación por razón de sexo, raza u origen étnico, religión o credo, discapacidad, edad u orientación sexual.

- La invención y despliegue de la tecnología de telecomunicaciones 5G facilita que la IA pueda desplegarse en todos los sectores industriales, porque aporta alta velocidad de conexión, densidad de cosas conectadas, una baja latencia de comunicación que abre la posibilidad a la industria para la producción totalmente automatizada en las fábricas inteligentes y la telemedicina en operaciones quirúrgicas a distancia.
- En 2019 se formularon los principios éticos y técnicos para crear una cultura «IA fiable para Europa» desde el compromiso a todos los valores de la UE.
- El ámbito jurídico no fue tratado por el Grupo de Expertos, por lo que no se abordaron cuestiones como la responsabilidad de los agentes de IA (robots y softbots).
- Visión constructivista de la tecnología por el Grupo de Expertos de Alto Nivel en inteligencia artificial en 2019. La confianza en el desarrollo, despliegue y utilización de sistemas de IA no concierne únicamente a las propiedades inherentes a esta tecnología, sino también a las cualidades de los sistemas sociotécnicos en los que se aplica la IA.
- China es relativamente débil en cuanto a innovación, y sus industrias no están bien sustentadas en la alta tecnología. Estados Unidos lidera la economía de los datos. La Unión Europea es una potencia mundial en robótica convencional que la posiciona ventajosamente con respecto a otros países para abordar la tecnología de la robótica autónoma.
- El cambio tecnológico se acelera en la actual ola de tecnologías de propósito general de la IA.
- Se observa una correlación entre las estrategias tecnológicas gubernamentales y los rasgos políticos y socioeconómicos que caracterizan a cada una de las tres grandes potencias: grandes corporaciones en Estados Unidos, economía dirigida en China y economía social de mercado en la Unión Europea.
- En el futuro próximo, la Comisión incrementará las inversiones hasta los 20.000 millones de euros anuales en el transcurso de la próxima década con el Programa Horizonte Europa, que persigue aumentar y maximizar los beneficios de la transformación digital, potenciar una economía de datos próspera, promover la inclusión y garantizar la creación de valor.

Anexo C. Proyectos SPARC

| | | | | |
|------------|--|---|------------|------------|
| ECHORD ++ | Cognitive Systems and Robotics ECHORD++ will create new opportunities for European robotics researchers to work directly with SME/start-ups and new users/customers to create innovative products. | http://www.echord.eu/ | 01/10/2013 | 30/09/2018 |
| AERWORKS | AEROWORKS envisions a novel aerial robotic team that possesses the capability to autonomously conduct infrastructure inspection and maintenance tasks, while additionally providing intuitive and user-friendly interfaces to human-operators. | http://www.aeroworks2020.eu/ | 01/01/2015 | 31/12/2017 |
| COMANOID | Aims at deploying humanoid robots to achieve non-added value tasks that have been identified by Airbus Group in aircraft assembly operations | http://comanoid.cnrs.fr/ | 01/01/2015 | 31/12/2018 |
| EurEyeCase | Design instrumentation and control techniques to improve clinical outcome for a selection of relevant and urgent vitreo-retinal procedures | https://www.eureyecase.eu/ | 01/01/2015 | 31/12/2017 |
| FLOBOT | To develop an autonomous, robotised, professional washing machine for large premises, ready for real-world use shortly after project completion | http://www.flobot.eu/about/ | 01/01/2015 | 30/06/2018 |
| Smokebot | Mobile Robots with Novel Environmental Sensors for Inspection of Disaster Sites with Low Visibility | http://130.243.105.49/Research/mro/smokebot/ | 01/01/2015 | 30/06/2018 |
| CogIMon | The CogIMon project aims at a step-change in human-robot interaction toward the systemic integration of robust, dependable interaction capabilities for teams of humans and compliant robots, in particular the compliant humanoid COMAN | https://cogimon.eu/ | 01/02/2015 | 31/01/2019 |

| | | | | |
|-------------|---|---|------------|------------|
| RobDREAM | Enhance mobile manipulation robots by Reduction of setup time through more structured and intuitive programming of the robot at task level; and Automatic performance optimisation of general approaches through the use of context information and automated algorithm configuration. | http://robdream.eu/ | 01/02/2015 | 31/01/2018 |
| WiMUST | Widely scalable Mobile Underwater Sonar Technology) aims at conceiving and designing an intelligent team of cooperative autonomous marine robots, acting as intelligent sensing and communicating nodes of a reconfigurable moving acoustic network, that could drastically improve the efficacy of the methodologies used to perform geophysical and geotechnical acoustic surveys at sea. | http://www.wimust.eu/ | 01/02/2015 | 31/01/2018 |
| Flourish | Bridge the gap between the current and desired capabilities of agricultural robots by developing an adaptable robotic solution for precision farming. | http://flourish-project.eu/ | 01/03/2015 | 31/08/2018 |
| Secondhands | Design a robot that can offer help to a maintenance technician in a pro-active manner | https://secondhands.eu/ | 01/05/2015 | 30/04/2020 |
| SoMa | Soft Manipulation (SOMA) opens a path of disruptive innovation for the development of simple, compliant, yet strong, robust, and easy-to-program manipulation systems. | http://soma-project.eu/ | 01/05/2015 | 30/04/2019 |
| Aeroarms | Development of the first aerial robotic system with multiple arms and advanced manipulation capabilities to be applied in industrial inspection and maintenance | https://aeroarms-project.eu/ | 01/06/2015 | 30/04/2020 |
| HORSE | Smart integrated Robotics system for SMEs controlled by Internet of Things based on dynamic manufacturing processes | http://www.horse-project.eu/The-project | 01/11/2015 | 30/04/2020 |
| ReconCell | Reconfigurable robot workCell for fast set-up of automated assembly processes in SMEs | http://www.reconcell.eu/ | 01/11/2015 | 31/10/2018 |

| | | | | |
|------------|--|---|------------|------------|
| AEROBI | AEROBI aims at the development and validation of the prototype of an innovative, intelligent, aerial robotic system with a specialised multi-joint arm for the in-depth structural inspection of reinforced concrete bridges, speedily and reliably, without interfering with the traffic and endangering the inspectors, that has the potential to be commercialised in the short term. | http://www.aerobi.eu/ | 01/12/2015 | 30/11/2018 |
| EndoVESPA) | The Endoo Project (Endoscopic versatile robotic guidance, diagnosis and therapy of magnetic-driven soft-tethered endoluminal robots) aims at developing an integrated robotic platform for the navigation of a soft-tethered colonoscope capable of performing painless diagnosis and treatment. | http://www.endoo-project.eu/ | 01/12/2015 | 30/11/2018 |
| BabyRobot | main goal is to create robots that analyze and track human behavior over time in the context of their surroundings (situational). | http://babyrobot.eu/ | 01/01/2016 | 31/12/2018 |
| MURAB | MRI and Ultrasound Robotic Assisted Biopsy. The MURAB project has the ambition to drastically improve precision and effectiveness of the biopsy gathering for cancer diagnostic operations. | https://www.murabproject.eu/ | 01/01/2016 | 31/12/2019 |
| ROBOTT-NET | ROBOTT-NET exists to help make the best ideas in industrial robotics a reality for the benefit of technology developers and European manufacturing. Offers free consulting to European companies that develop or deploy robot technology in industrial production. | https://robo-net.eu/ | 01/01/2016 | 31/12/2019 |
| SafeLog | Safe human-robot interaction in logistic applications for highly flexible warehouses. To develop a large-scale flexible warehouse system which enables a safe and efficient collaboration of human and AGVs with heterogeneous skillsets in the same area and at the same time. | http://safelog-project.eu/ | 01/01/2016 | 31/12/2019 |

| | | | | |
|-------------|---|---|------------|------------|
| SPEXOR | Spinal exoskeletal robot for low back pain prevention and vocational reintegration. The project will deliver a novel and effective spinal exoskeleton that will prevent low-back pain in able bodied workers and support workers with low-back pain who are reintegrating in the vocational setting. | http://www.spexor.eu/ | 01/01/2016 | 31/12/2019 |
| TrimBot2020 | The core of this project is to advance the robotics and computer vision technology needed by a garden trimming robot, then to develop and demonstrate that robot and finally evaluate the performance of the new technological components and the robot as a whole. | http://trimbot2020.webhosting.rug.nl/ | 01/01/2016 | 31/12/2019 |
| UP-Drive | Automated Urban Parking and Driving. UP-Drive aims to address the outlined transport-related challenges by providing key contributions that will enable gradual automation of and collaboration among vehicles – and as a result facilitate a safer, more inclusive and more affordable transportation system. | https://up-drive.eu/ | 01/01/2016 | 31/12/2019 |
| Bots2Rec | Robots to Re-Construction. "Introducing, testing and validating an operational process for the automated removal of asbestos contamination at a real-world rehabilitation site using a robotic system." | https://www.bots2rec.eu/ | 01/02/2016 | 31/07/2019 |
| ColRobot | Collaborative Robotics for Assembly and Kitting in Smart Manufacturing in which robots collaborate with humans. Combines cutting-edge European robot technology and end-user requirements for assembly processes to create an integrated system for collaborative robotics in which a mobile manipulator acts as a "third hand" by delivering kits, tools, parts, and holding work pieces while the operator works on it. | https://www.colrobot.eu/ | 01/02/2016 | 31/01/2019 |
| INPUT | Intuitive Natural Prosthesis Utilization. A Machine interface, Natural interaction, Therapy and rehabilitation. Robotics for healthcare, Signal interpretation. | http://www.input-h2020.eu/ | 01/02/2016 | 31/01/2020 |

| | | | | |
|---------|--|---|------------|------------|
| RockEU2 | RockEU2 builds on and extends this successful community integration by providing analysis of innovation and skills and by developing major outreach activities. It is the follow-up of the FP7 coordination action RockEU, which has been extremely successful in building a strong European robotics community, leading to the creation of euRobotics aisbl - the private partner of the SPARC PPP. | https://www.eu-robotics.net/eurobotics/about/projects/rockeu2.html?changelang=1 | 01/02/2016 | 31/08/2018 |
| XoSoft | Modular biomimetic exoskeleton to assist people with mobility impairments. | https://www.xosoft.eu/ | 01/02/2016 | 31/01/2019 |
| RAMPup | Robotic Automation Modules for Production: flexible Automation, modularity, user-friendliness, easy programming. Ability for a robotic system to be rapidly and easily reconfigured and re-tasked according to changes in a production. | https://rampupproject.eu/ | 02/02/2016 | 01/02/2019 |
| DeTOP | DeTOP addresses the scientific, technological and clinical problem of recovery of hand function after amputation. It aims to develop and clinically implement robotic, sensing and long-term interfacing technologies for the next-generation transradial prosthesis. | http://www.detop-project.eu/ | 01/03/2016 | 29/02/2020 |
| MuMMER | MultiModal Mall Entertainment Robot. The overall goal of developing a humanoid robot (based on Softbank's Pepper platform) that can interact autonomously and naturally in the dynamic environments of a public shopping mall, providing an engaging and entertaining experience to the general public. | http://mummer-project.eu/ | 01/03/2016 | 29/02/2020 |
| SoftPro | SoftPro project will study and design soft synergy-based robotics technologies to develop new prostheses, exoskeletons, and assistive devices for upper limb rehabilitation, which will greatly enhance the efficacy and accessibility to a greater number of users. | https://www.softpro.eu/ | 01/03/2016 | 29/02/2020 |

| | | | | |
|---------------|---|---|------------|------------|
| EDEN2020 | EDEN2020 aims to develop the gold standard for one-stop diagnosis and minimally invasive treatment in neurosurgery. EDEN2020 will provide a step change in the modelling, planning and delivery of diagnostic sensors and therapies to the brain via flexible surgical access, with an initial focus on cancer therapy. | https://www.eden2020.eu/ | 01/04/2016 | 31/03/2020 |
| An.Dy | Advancing Anticipatory Behaviors in Dynamic Human-Robot Collaboration. | https://andy-project.eu/ | 01/01/2017 | 31/12/2020 |
| BADGER | RoBot for Autonomous unDerGround trenchless opERations, mapping and navigation. The goal of the project is the design and development of the BADGER autonomous underground robotic system that will be able to drill, manoeuvre, localise, map and navigate in the underground space, and which will be equipped with tools for constructing horizontal and vertical networks of stable bores and pipelines. | https://badger-robotics.eu/ | 01/01/2017 | 31/12/2019 |
| Co4Robots | Achieving Complex Collaborative Missions via Decentralized Control and Coordination of Interacting Robots. Imagine a scenario where multiple robots have been deployed to provide services such as object handling/transportation, or pickup and delivery operations. In such a context, different robots with varying capabilities must be coordinated in order to achieve various multi-tasking procedures. | http://www.co4robots.eu/ | 01/01/2017 | 30/06/2020 |
| CYBERLEGS + + | "The CYBERnetic LowEr-Limb CoGnitive Ortho-prothesiS Plus". The global goal of the CYBERLEGS Plus project is to validate the technical and economic viability of the powered robotic ortho-prosthesis developed within the framework of the FP7-ICT-CYBERLEGS project as a means to enhance/restore the mobility of transfemoral amputee. | http://www.cyberlegs.eu/ | 01/01/2017 | 31/12/2020 |
| Dreams4Cars | Dreams4Cars is about "The Driving Agent" - the complex system comprising of software and sensors that aims to take over the control of the automated vehicle. | https://www.dreams4cars.eu/en | 01/01/2017 | 31/12/2019 |

| | | | | |
|------------|---|--|------------|------------|
| Hephaestus | <p>Hephaestus addresses novel concepts to introduce Robotics and Autonomous Systems use in the Construction Sector where at this moment the presence of this type of products is minor or almost non-existent.</p> <p>Autonomous deployment in infrastructure-free environments. Long-term operation. On-line, self-optimising fleet management. Human-aware AGV fleets in shared environments.</p> | <p>http://www.hephaestus-project.eu/</p> | 01/01/2017 | 30/06/2020 |
| ILIAD | <p>Unpacking and palletising of goods. Human safety.</p> <p>IMAGINE seeks to enable robots to understand the structure of their environment and how it is affected by its actions. "Understanding" here means the ability of the robot (a) to determine the applicability of an action along with parameters to achieve the desired effect, and (b) to discern to what extent an action succeeded, and to infer possible causes of failure and generate recovery actions.</p> | <p>https://iliad-project.eu/</p> | 01/01/2017 | 31/12/2020 |
| IMAGINE | <p>MoveCare integrates an existing robotic platform with a domotic system, smart objects, a virtual community and an activity center, to provide, through artificial intelligence, assistance, activities and transparent monitoring to the elder at home.</p> | <p>https://imagine-h2020.eu/</p> | 01/01/2017 | 31/12/2020 |
| MoveCare | <p>The aim of MULTIDRONE is to develop an innovative intelligent multi-drone team platform for media production to cover outdoor events (e.g., sports) that are typically distributed over large expanses, ranging, for example, from a stadium to an entire city.</p> | <p>http://www.movecare-project.eu/</p> | 01/01/2017 | 31/12/2019 |
| MultiDrone | <p>Responsible Ethical Learning With Robotics. We aim to produce powerful instruments to foster networking between traditional robotics disciplines and new research fields, like Science and Technology Studies (STS) in order to exploit potentialities of future robotics projects.</p> | <p>https://multidrone.eu/</p> | 01/01/2017 | 31/12/2019 |
| REELER | | <p>https://reeler.eu/</p> | 01/01/2017 | 31/12/2019 |

| | | | | |
|-----------|--|---|------------|------------|
| REFILLS | REFILLS proposes to develop solutions allowing robots to improve logistics processes in a supermarket, revolutionising their current structure. Although the market for on-line ordering is growing, experts agree that there will always be demand for physical supermarkets as they combine the relaxing sensory experience of shopping with the extra service of human advice. | http://www.refills-project.eu/ | 01/01/2017 | 30/06/2020 |
| RobMoSys | RobMoSys enables the composition of robotics applications with managed, assured, and maintained system-level properties via model-driven techniques. It establishes structures that enable the management of the interfaces between different robotics-related domains, different roles in the ecosystem, and different levels of abstractions. | https://robmosys.eu/ | 01/01/2017 | 31/12/2020 |
| ROPOD | Develop and implement a disruptive concept for automatically guided vehicles (AGVs) that lowers the still existing barrier in logistics by offering. | https://www.h-brs.de/en/ropod | 01/01/2017 | 31/12/2019 |
| ROSIN | ROS-Industrial Quality-Assured Robot Software Components | https://rosin-project.eu/ | 01/01/2017 | 31/12/2020 |
| SMARTsurg | The project will develop an advanced system for performing Robot Assisted MIS to reduce the surgeon's cognitive load related to the system's operation to shorten training time and deliver accuracy, safety, reduced procedure time and expanded applicability. Objectives: a) dexterous anthropomorphic surgical instruments b) wearable hand exoskeleton with haptic feedback to control the surgical instruments, c) wearable smart glasses for augmented reality and 3D reconstruction of the surgical field. | http://www.smart-surg-project.eu/ | 01/01/2017 | 31/12/2019 |
| VERSATILE | The overall objective of the VERSATILE was to provide a bridge for transferring, demonstrating and validating the latest R&D results in robotics towards different industrial environments proving their applicability and effectiveness. | https://versatile-project.eu/ | 01/01/2017 | 31/12/2019 |

| | | | | |
|-----------|--|--|------------|------------|
| AirBorne | <p>Aerial Robotic technologies for professional search and rescue.</p> <p>To develop at TRL8 a few selected robotic aerial technologies for quick localization of victims buried by avalanches by equipping drones with the two forefront sensor technologies nowadays used in Search&Rescue operations in case of avalanche.</p> | <p>https://www.airborne-project.eu/</p> | 01/01/2018 | 31/12/2020 |
| COVR | <p>COVR is short for "being safe around collaborative and versatile robots in shared spaces". Our mission is to significantly reduce the complexity in safety certifying cobots. Increasing safety for collaborative robots enables new innovative applications, thus increasing production and job creation for companies utilizing the technology. Whether you're an established company seeking to deploy cobots or an innovative startup with a prototype of a cobot related product, COVR will help you analyze, test and validate the safety for that application.</p> | <p>https://safearoundrobots.com/</p> | 01/01/2018 | 31/12/2021 |
| EUROBENCH | <p>The EUROBENCH project aims to create the first unified benchmarking framework for robotic systems in Europe. This framework will allow companies and/or researchers to test the performance of their robots at any stage of development. The project is mainly focused on bipedal machines, i.e., exoskeletons, prosthetics and humanoids, but aims to be also extended to other robotic technologies.</p> | <p>http://eurobench2020.eu/</p> | 01/01/2018 | 31/12/2021 |
| FABULOS | <p>The FABULOS project seeks new solutions and technologies to prepare cities for the future of mobility, including concepts such as self-driving buses. Novel transport solutions will be developed and acquired by utilising a Pre-Commercial Procurement (PCP), which allows the Procuring Partners to share the risks and benefits with the suppliers. The expected outcome of the FABULOS project is the demonstration of automated minibus service as part of the public transport system.</p> | <p>https://fabulos.eu/</p> | 01/01/2018 | 31/12/2020 |

| | | | | |
|-----------|--|---|------------|------------|
| HYFLIERS | <p>HYbrid FLying-rolling with-snake-aRm robot for contact inspection. The top objective is to reduce inspection costs and improve safety by exploiting a robotic inspection system. The technology results will be validated in the inspection of pipes, which is a very relevant short-term application, but the results of the project could be also applied to other industrial scenarios, such as power generation plants.</p> | https://www oulu.fi/hyfliers/ | 01/01/2018 | 31/12/2021 |
| INBOTS | <p>INBOTS is a CSA bringing together experts from the different disciplines involved in the understanding and acceptance of Interactive Robotics. INBOTS fosters the collaboration between four pillars and six areas of expertise</p> | http://inbots.eu/the-project/ | 01/01/2018 | 31/12/2020 |
| MEMMO | <p>Memory of Motion. The goal of the project is to develop real-time methods for motion generation of complex robot, able to cope with the complexity of humanoid and other legged robots in realistic industrial and medical environments.</p> | http://www.memmo-project.eu/ | 01/01/2018 | 31/12/2021 |
| micro-ROS | <p>Open Framework for Embedded Robot Applications. OFERA bridges the technological gap between the established robotic software platform for high-performance computational devices and the low-level libraries for microcontrollers.</p> | http://www.ofera.eu/ | 01/01/2018 | 31/12/2020 |
| MyLeg | <p>MyLeg will develop a new generation of powered transfemoral prosthetic legs that can be intuitively operated, sensed, and trusted as a healthy and reliable counterpart for a variety of tasks.</p> | http://www.myleg.eu/ | 01/01/2018 | 31/12/2021 |
| PICKPLACE | <p>Robotic handling of flexible, safe and reliable parts in industrial environments. Combines the capabilities of humans and robots to achieve a safe, reliable, flexible and efficient solution for pick and packaging. The scientific and industrial objectives are motivated by real requirements of the industry and counteract the lack of flexible solutions for the versatile objects with variable size, shape and weight as well as surface properties.</p> | https://www.iff.fr/unhofer.de/de/geschaeftsbereiche/robotersysteme/pickplace.html | 01/01/2018 | 31/12/2020 |

| | | | | |
|----------|--|---|------------|------------|
| SARAS | SARAS proposes an innovative technological system: 1. Two assistive robotic arms designed to implement the tasks done by the assistant surgeon in R-MIS (Robotic Minimally Invasive Surgery). 2. A cooperative and cognitive supervisor system able to infer the actual state of the surgical procedure from the sensing system and to act accordingly with the surgeon's needs. | https://saras-project.eu/ | 01/01/2018 | 31/12/2020 |
| SPIRIT | SPIRIT aims to develop an "inspection skill" for robots that takes the step from programming of complex inspection tasks to configuring such tasks. This will substantially reduce the engineering costs when setting up inspection robots in industrial environments. | http://spirit-h2020.eu/ | 01/01/2018 | 28/02/2021 |
| THING | The subTerranean Haptic INvestiGator Project brings together lead researchers to focus on haptic navigation for walking robots. The project will focus on developing new terrain sensing, estimation and control technology for the Anymal quadruped. | https://ori.ox.ac.uk/projects/thing-eu-project/ | 01/01/2018 | 31/03/2021 |
| SheaRIOS | SheaRIOS is a solution for the Wind Turbine Blades (WTBs) inspection industry that enables easier, faster and more accurate inspection utilizing robotics and shearography, a high-quality method that is brought outside the laboratory for the first time | https://cordis.europa.eu/project/id/780662 | 01/01/2018 | 31/03/2021 |
| Sweeper | Main objective was to put the first-generation greenhouse harvesting robots onto the market. Until now this had never been achieved and it would ensure Europe's leading role in agricultural robotics. | http://www.sweeper-robot.eu/ | 01/02/2017 | 31/10/2018 |

Anexo D. Deep fake

La cuestión de las noticias falsas (*fake news*) está produciendo un intenso debate mediático sobre los efectos que tiene el inmenso y complejo ecosistema de información digital existente, no solo para la economía de mercado sino también para la política. Las revelaciones sobre cómo se están propagando deliberadamente noticias falsas, ha provocado un amplio temor de que la integridad de las democracias pueda estar amenazada. La Comisión Europea, en abril de 2018, abordó el problema en el documento sobre la lucha contra la desinformación en línea (COM/2018/236).

Desde una perspectiva técnica se expone en el documento que la IA sujeta al control humano adecuado será fundamental para verificar, identificar y rastrear la desinformación. Además, la computación con algoritmos cognitivos que gestionan información desde el punto de vista contextual, incluida la exactitud y la calidad de las fuentes de datos, mejorarán la pertinencia y la fiabilidad de los resultados de búsqueda. Asimismo, las tecnologías innovadoras como las cadenas de bloques¹ (Blockchain), pueden preservar la integridad de los contenidos en el big data, verificar la veracidad de la información o de sus fuentes, permitir la transparencia y la trazabilidad, y fomentar la confianza en las noticias que se muestran en internet.

Visto el panorama anterior, aun cuando haya transparencia en las noticias que se muestran en internet, ¿tenemos la certeza de que todos los personajes que vemos y oímos en los medios de comunicación e internet son genuinos después de conocer la existencia de los videos deep fake producidos por IA? Los «deep fake» son falsificaciones de videos originales en los cuales se suplanta una persona mediante la utilización de algoritmos de IA. Son videos falsos de personas que en apariencia parecen reales, pero que en realidad no lo son. Esta técnica puede elevar la desinformación a cotas inusitadas, porque hasta no hace mucho podríamos asegurar, sin temor a equivocarnos, que lo que decía una persona en un videoclip

¹ Es un registro único totalmente fiable, consensuado por los usuarios, y distribuido por internet. Se utiliza, entre otros, para el uso de las criptomonedas como Bitcoin.

era lo que realmente decía. Confiábamos porque veíamos y oíamos que era la persona que parecía ser, con sus gestos, expresiones y palabras genuinas. Ver era creer.

Sin embargo, desde al menos mediados del 2017, sabemos que puede no ser así. Un estudio de la Universidad de Washington desvela la metodología para suplantar mediante IA a Barack Obama (Suwajanakorn, *et al.*, 2017). Parece ser, que por esas fechas la precisión en crear personajes clonados virtualmente era verdaderamente muy alta, aun cuando no lo suficiente como para que un avisado especialista informático pudiera detectar el fraude mediante un minucioso análisis *forense*. El experto podía verificar si se trataba de un video genuino, o si, por el contrario, se trataba de un video generado por una IA: un deep fake, una falsificación (Obama, 2017).

La tecnología digital avanza a pasos agigantados, y a estas alturas de 2020, muy probablemente las falsificaciones sean indetectables. Mas ahora, ese ya no es el principal problema. La cuestión que deviene es: ¿desde cuándo existe esta tecnología de suplantación? El problema ofrece entonces varias vertientes de preocupación: el pasado y la actualidad junto al futuro muy cercano. En cuanto al pasado: ¿Tenemos la certeza de que realmente todos los personajes que hemos visto y escuchado son genuinos? ¿Tenemos la certeza de que algunos de los videos de intervenciones de personas influyentes en conferencias, entrevistas, discursos o noticiarios, no son falsificaciones?

En cuanto al futuro, si no podemos fiarnos ni de lo que vemos y oímos en los medios de comunicación ni en la Red, porque la tecnología lo posibilita, entonces: «Houston tenemos un problema». Un gran problema de confianza global, que nos obligará a repensar seriamente el futuro de las relaciones humanas, porque esa tecnología ya está al alcance de cualquiera que disponga de un ordenador conectado a Internet. ¿Serán los videos pruebas legales para determinar delitos? Porque si un video puede ser manipulado mediante IA, entonces, independientemente de que esté o no esté manipulado, solo por la posibilidad de

poder estarlo, estaría desacreditado, para bien o para mal. En definitiva, un nuevo desafío para el pensamiento filosófico.

Entonces, ¿verificar la veracidad de la información digital mejorará la fiabilidad y la transparencia? Para el Supervisor Europeo de Protección de Datos, aun cuando no se esté refiriendo a las deep fake, la transparencia es necesaria, pero no suficiente. Además, la gestión de contenidos puede ser necesaria, pero no se puede permitir que comprometa derechos fundamentales, por lo que parte de la solución para luchar contra las noticias falsas radica en hacer cumplir las normas ya existentes, en particular el Reglamento General de Protección de Datos, rigurosa y conjuntamente con otras normas aplicables a las elecciones y al pluralismo en los medios de comunicación (2018/C 233/06).

Abundando un poco más en este aspecto de las noticias falsas, apuntaremos que en la Comunicación citada sobre la lucha contra la desinformación en línea, la Comisión Europea delimitaba los retos que este tipo de desinformación planteaba a nuestras democracias, y esbozaba grupos de acciones para que las partes interesadas públicas y privadas pudieran responder a estos retos. Las acciones incluían: el desarrollo de un código de conducta ético autorregulador sobre desinformación para las plataformas en línea² y la industria de la publicidad con el fin de aumentar la transparencia y proteger mejor a los usuarios; la creación de una red europea independiente de verificadores de datos para establecer métodos de trabajo comunes, intercambiar buenas prácticas y lograr la mayor cobertura posible en toda la UE; la promoción de sistemas voluntarios de identificación en línea para mejorar la trazabilidad y la identificación de los proveedores de información; y el uso del

² Las plataformas digitales en línea que distribuyen contenido, sobre todo las redes sociales, los servicios de intercambio de videos y los motores de búsqueda, tienen un papel clave en la difusión y la amplificación de la desinformación en línea. En marzo de 2018, el Consejo Europeo declaró que: «las redes sociales y las plataformas digitales deben garantizar unas prácticas transparentes y la plena protección de la privacidad y los datos personales de los ciudadanos» (Consejo, 2018).

programa de investigación e innovación de la UE (Horizonte 2020) para movilizar nuevas tecnologías como la IA, la cadena de bloques y los algoritmos cognitivos (COM/2018/794).

Ciertamente, una nueva revolución digital se está gestando impulsada por los datos digitales que impulsan nuevos productos y servicios, así como nuevos procesos de negocio, metodologías científicas y desinformación masiva.

Anexo E. Autómatas de Hefesto

«Desde el monstruo de Frankenstein creado por Mary Shelley al mito clásico de Pigmalión, pasando por el Golem de Praga o el robot de Karel Čapek —que fue quien acuñó el término—, los seres humanos han fantaseado siempre con la posibilidad de construir máquinas inteligentes, sobre todo androides con características humanas».

Así comienza la introducción a la Resolución del Parlamento Europeo sobre el proyecto de informe con recomendaciones destinadas a la Comisión sobre normas de derecho civil sobre robótica. Y aún podemos remontarnos a los filósofos clásicos hace más de dos milenios, porque los robots de aspecto humanoide¹, han sido a lo largo de la historia un reto humano que seduce y con el que han especulado expertos y profanos en la materia. Aristóteles (384-322 a.C.), en su «Política», ya soñó con una especie de autómatas, pero aparentemente pensó que era una fantasía al reflexionar sobre lo siguiente: si cada uno de los instrumentos pudieran cumplir por sí mismo su cometido obedeciendo órdenes o anticipándose a ellas como cuentan las estatuas de Dédalo y los Trípodes de Hefesto, de los que se dice que entraban por sí solos en la asamblea de los dioses, y las lanzaderas tejieran solas, entonces los constructores no necesitarían ayudantes ni los amos esclavos. Parece como si el de Estagira intuyera el advenimiento de los robots autónomos. Entrados en el siglo XVII, Thomas Hobbes (1588-1679), en su libro *Leviatán* afirmaba que podría ser posible crear un *animal artificial*, y tres siglos después, en 1977, la UE aludió por vez primera la IA en el documento oficial de la Comisión Europea *The common policy in the field of science and technology*.

¹ El término robot fue utilizado por primera vez en la literatura de ciencia ficción (Čapek, 2015 pág. 17). Fue el escritor checo Karel Čapek, en su obra distópica teatral de 1921 “*R.U.R. Robots Universales Rossum*”, los robots androides construidos por los humanos para liberarlos del trabajo, llegan a superarlos y dominarlos cuando por ellos mismos desarrollaron inteligencia motivacional. En aquel entonces, el significado de robot era sinónimo de trabajo servil o trabajo de esclavos.

Anexo F. Instituciones y organismos de la Unión Europea

El 9 de mayo de 1950, Robert Schuman, ministro francés de Asuntos Exteriores, pronunció la Declaración en la que proponía la creación de la Comunidad Europea del Carbón y del Acero (UE, 2020b). Los actuales Estados miembros de la UE dieron el primer paso oficial de una unión económica y política el 18 de abril de 1951 cuando seis países firmaron el Tratado de París constitutivo de la Comunidad Europea del Carbón y del Acero (CECA). Sus fundadores fueron: Alemania Occidental, Bélgica, Francia, Italia, Luxemburgo y los Países Bajos. En 1957 se firmó el Tratado de Roma por el que se constituyó tanto la Comunidad Económica Europea (CEE) como la Comunidad Europea de la Energía Atómica (CEEA o Euratom). En 1992 con el Tratado de la Unión Europea (TUE) firmado en Maastricht se instauró la Unión Europea fundamentada en las dos Comunidades Europeas CECA y CEE, que pasó provisionalmente a denominarse Comunidad Europea (CE), hasta que en 2007 con el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE) firmado en Lisboa, quedó únicamente la denominación de Unión Europea (UE, 2019c). Al 31 de diciembre de 2019 eran veintiocho los Estados miembros: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía y Suecia. Siete instituciones y diversos organismos constituyen la estructura política y administrativa. Entre las instituciones y organismos (UE, 2019b) más relevantes de la Unión Europea citamos las siguientes:

Instituciones



El **Consejo Europeo** define la orientación política general y las prioridades de la Unión Europea. Está integrado por los Jefes de Estado o de Gobierno de los Estados miembros y por su presidente y el presidente de la Comisión Europea.

Esta institución representa el nivel más elevado de la cooperación política entre los países de la UE. Se reúne en cumbres usualmente trimestrales celebradas entre líderes de la UE y

presididas por un presidente/a permanente elegido por el propio Consejo Europeo por un periodo de dos años y medio renovable una vez, y representa a la UE ante el resto del mundo. En general, las decisiones se toman por consenso, pero en algunos casos es necesaria la unanimidad o mayoría cualificada.



El **Consejo de la Unión Europea** (conocido informalmente como “El Consejo”) está compuesto por los ministros de cada Estado miembro, en función del tema que se vaya a tratar. Su función es representar a los Gobiernos de los Estados, adoptar la legislación europea y coordinar las políticas de la UE. No debe confundirse con el Consejo Europeo, ni con el Consejo de Europa¹, ya que este último es un organismo ajeno a la Unión Europea.



El **Parlamento Europeo** es el órgano de la UE elegido por sufragio directo cada cinco años, compuesto en 2019 por 751 diputados que se agrupan por afinidades políticas y no por sus respectivas nacionalidades. Desempeña responsabilidades legislativas, de supervisión y presupuestarias. Algunas de ellas son: aprobar la legislación de la UE junto con el Consejo de la UE a partir de las propuestas de la Comisión Europea; control democrático de todas las instituciones de la UE; establecer el presupuesto junto al Consejo; y aprobar los presupuestos de la UE a largo plazo, por ejemplo, los Programas Marco de investigación y desarrollo tecnológico.



¹ El Consejo de Europa es una organización internacional que tiene como objetivo principal la defensa, protección y promoción de los derechos humanos (en particular los civiles y políticos), la democracia y el Estado de derecho. Creado el 5 de mayo de 1949, se trata de la institución de este tipo más antigua de nuestro continente y engloba a 47 de los 50 Estados europeos con la excepción de Bielorrusia, Kazajistán y El Vaticano. En 1950, se redactó el Convenio Europeo para la Protección de los Derechos Humanos y de las Libertades Fundamentales y se creó el Tribunal Europeo de Derechos Humanos (Consejo de Europa, 2020).



La **Comisión Europea** es el órgano ejecutivo, políticamente independiente, de la UE. La Comisión Europea (la Comisión) es la única institución de la UE que propone nuevas leyes, para que el Parlamento y el Consejo las aprueben: leyes que protegen los intereses de la UE y a sus ciudadanía en aspectos que no pueden regularse eficazmente en el plano nacional; y leyes correctas en sus detalles técnicos gracias a consultas con expertos y ciudadanos. Además, gestiona las políticas europeas y asigna los fondos de la UE, hace que se cumpla la legislación, y representa a la UE en la escena global, esto es, habla en nombre de todos los Estados miembros ante los organismos internacionales, sobre todo en cuestiones de política comercial y ayuda humanitaria, y negocia acuerdos en nombre de la UE.



TRIBUNAL DE JUSTICIA
DE LA UNIÓN EUROPEA

El **Tribunal de Justicia** (TJUE), garantiza que la legislación de la UE se interprete y aplique de la misma manera en cada uno de los Estados, y garantiza que estos y las instituciones cumplan la legislación de la UE. El Tribunal de Justicia resuelve los asuntos que se le plantean. Los más comunes son: interpretar y aplicar la legislación, y anular normas europeas. Consta de dos órganos: el Tribunal de Justicia, compuesto por un juez de cada Estado miembro y once abogados generales, que resuelve las cuestiones prejudiciales planteadas por los tribunales nacionales; y por el Tribunal General, compuesto por dos jueces de cada país de la UE, que resuelve los recursos de anulación que interponen los particulares, las empresas y, en algunos casos los gobiernos nacionales.



El **Tribunal de Cuentas Europeo (TCE)** comprueba que los fondos de la Unión se perciban y utilicen correctamente, así como contribuir a mejorar la gestión financiera. Los miembros del Tribunal son nombrados por el Consejo, tras previa consulta al Parlamento Europeo, por un mandato renovable de seis años. Eligen a uno de los miembros como presidente por un periodo de tres años (también renovable). Las funciones principales son: auditar los ingresos y los gastos de la UE para verificar que la percepción, uso, rentabilidad y contabilidad de los fondos son los correctos; supervisar a cualquier persona u organización que maneje fondos de la UE; elaborar conclusiones y recomendaciones dirigidas a la Comisión Europea y los Gobiernos nacionales en sus informes de auditoría; informar de sus sospechas de fraude, corrupción u otras actividades ilegales a la Oficina Europea de Lucha contra el Fraude.



El **Servicio Europeo de Acción Exterior (SEAE)** es el servicio diplomático de la Unión. Su objetivo es hacer la política exterior de la UE más coherente y eficaz y aumentar así la influencia de Europa en el mundo. Ayuda a el Alto Representante/vicepresidente-a de la Comisión Europea a llevar adelante la política exterior y de seguridad de la UE. Coordina los trabajos de la Comisión en materia de relaciones exteriores de la UE y preside las reuniones de los ministros de Asuntos Exteriores, Defensa y Desarrollo. El Alto representante/vicepresidente-a aplica la política exterior y de seguridad de la UE en colaboración con los Estados miembros, utilizando recursos nacionales y de la UE. Esto ayuda a garantizar la coherencia de la política exterior de la UE en su conjunto.

Otros organismos de la Unión Europea



El **Comité Económico y Social Europeo (CESE)** es el órgano consultivo que representa a las organizaciones de empresarios, trabajadores y demás grupos de interés. Es la voz de la sociedad civil organizada. Se compone en 2019 de 350 miembros procedentes de todos los países de la UE. Emite dictámenes para la Comisión Europea, el Consejo de la UE y el Parlamento Europeo, y actúa como puente entre las instituciones de la UE con capacidad decisoria y la ciudadanía europea. Sus tres tareas principales son: velar para que la política y la legislación de la UE se adapten a las condiciones económicas y sociales, buscando un consenso que sirva al bien común; promover una UE participativa dando voz a las organizaciones de trabajadores, empresarios y otros grupos de interés, tratando de garantizar el diálogo entre ellos; promover los valores de la integración europea e impulsar la causa de la democracia participativa y las organizaciones de la sociedad civil.



El **Comité Europeo de las Regiones (CDR)**, es un organismo consultivo de la UE compuesto por representantes elegidos a escala local y regional, procedentes de los 28 Estados miembros de la UE. A través del CDR, los representantes pueden dar a conocer su opinión sobre la legislación de la UE que repercute directamente en las regiones y ciudades. El CDR facilita a las regiones y ciudades participar formalmente en la elaboración de la legislación de la UE, garantizando el respeto de la posición y las necesidades de los entes regionales y locales. La Comisión Europea, el Consejo de la UE y el Parlamento Europeo deben consultarle al elaborar legislación sobre asuntos relacionados con la administración local y regional, como la sanidad, la educación, el empleo, la política social, la cohesión económica y social, el transporte, la energía y el cambio climático, porque, de lo contrario, el Comité Europeo de las Regiones puede llevar el asunto ante el Tribunal de Justicia.



El **Banco Europeo de Inversiones** (BEI) concede financiación para proyectos que contribuyan a lograr los objetivos de la UE, tanto dentro como fuera de ella. El consejo de administración está compuesto por un consejero de cada país de la UE y uno de la Comisión Europea. El Banco Europeo de Inversiones es de titularidad conjunta de los países de la Unión. Entre sus objetivos están los de: impulsar el potencial de crecimiento y empleo de Europa, apoyar las medidas para mitigar el cambio climático, y fomentar las políticas de la UE en otros países. El Banco Europeo de Inversiones se financia en los mercados de capital y concede préstamos en condiciones favorables para proyectos que contribuyan a los objetivos de la Unión.



El **Banco Central Europeo** (BCE) gestiona el euro, mantiene la estabilidad de los precios y lleva adelante la política económica y monetaria de la UE. Está formado por el presidente y el vicepresidente del BCE y los gobernadores de los bancos centrales nacionales de todos los países de la UE. Entre otros, el BCE, fija los tipos de interés a los que presta a los bancos comerciales en la eurozona, lo que le faculta a controlar la oferta monetaria y la inflación, y garantizar la seguridad y solidez del sistema bancario europeo.

Las **Agencias Europeas** son entidades jurídicas independientes de las instituciones de la UE, creadas para llevar a cabo tareas específicas según la normativa de la Unión Europea. Hay cinco tipos de agencias: descentralizadas, de la política común de seguridad y defensa, ejecutivas, agencias y organismos de Euratom, y otros organismos. En concreto, las agencias descentralizadas llevan a cabo tareas técnicas y científicas que ayuden a las instituciones a aplicar las políticas y a tomar decisiones. Algunas de estas agencias que tratamos en esta tesis de Doctorado son: el Centro de Traducción de los Órganos de la Unión Europea (CdT); la Agencia de Seguridad de las Redes y de la Información (ciberseguridad) de la Unión Europea (ENISA); y la Agencia Ejecutiva del Consejo Europeo de Investigación (ERC).

Anexo G. Modelos políticos de Europa

Se pueden distinguir varios modelos de organización política de Europa en función de la importancia que se le atribuya a cada una de las diversas unidades que los compongan, por ejemplo, los Estados, los pueblos, las regiones, los ciudadanos y las personas (Guirao, *et al.*, 2019). Son los siete siguientes:

- La Europa de los Estados: una visión estatalista que concibe a la propia Europa como un espacio geográfico en el que los Estados cooperan, pero sin avanzar hacia una unión política, social y cultural, que ni se persigue ni se desea.
- La Europa de los Estados miembros¹: una visión confederal que, a diferencia de la anterior, realza el protagonismo de los Estados como unidades primordiales, y en donde el consenso entre ellos es la base de la unión política, económica y social.
- La Europa de los pueblos: visión multinacional de una Unión (con)federal en la que los Estados miembros compartirían protagonismo junto a los pueblos y naciones sin Estado propio. Una Europa pensada para disuadir el secesionismo en los Estados miembros.
- La Europa de los ciudadanos: una visión federal de los Estados Unidos de Europa inspirada en los Estados Unidos de América y la República Federal de Alemania. Pretende generar un *demos europeo*, es decir, una identificación política y *pueblo europeo*.
- La Europa de las personas: una visión cosmopolita hacia el ideal de una ciudadanía universal y de un gobierno mundial que evoca la Paz Perpetua de Kant, que buscaría una

¹ Según prescribe el artículo primero del Tratado de la Unión Europea o Tratado de Maastricht de 1992: «Por el presente Tratado, las ALTAS PARTES CONTRATANTES constituyen entre sí una UNIÓN EUROPEA, en lo sucesivo denominada «Unión», a la que los Estados miembros atribuyen competencias para alcanzar sus objetivos comunes. El presente Tratado constituye una nueva etapa en el proceso creador de una unión cada vez más estrecha entre los pueblos de Europa, en la cual las decisiones serán tomadas de la forma más abierta y próxima a los ciudadanos que sea posible» (2012/C 326/01).

unión provisional y una expansión mundial en el largo plazo que comportaría la idea de una *Europa sin europeos*.

- La Europa de la pluralidad: una visión pluralista radical en la que existen multiplicidad de unidades y actores constituyentes, entre los que se incluiría a ciudadanos, asociaciones, municipalidades, regiones, nacionalidades, Estados, etc.
- La Europa de los tecnócratas: una visión funcional organizada en oficinas especializadas y alto funcionariado. Una unión con políticas, pero sin política, basada en opiniones de expertos, economías de escala y sin *alboroto* democrático.

Anexo H. Breve historia de la Unión Europea desde la mirada STEDA

A finales de los años setenta del siglo XX dio comienzo la traducción automática de lenguajes mediante tecnología informática convencional. La Comisión Europea decidió invertir en un proyecto de este tipo de sistemas tanto por motivos de tipo cultural como por la reducción de costes en el proceso de traducción manual, lo que propició la instauración de sistemas y procesos TIC que conllevaron cambios y novedades en las organizaciones y en los conocimientos y aptitudes del personal afectado. Como un hito de la historia de la tecnología en la UE, la IA fue mencionada por primera vez en el Comunicado de la Comisión del 30 de junio de 1977 que llevaba por título *The common policy in the field of science and technology*. El documento incidía en los efectos a largo plazo de los procesos científicos y tecnológicos, y se percibía la IA como una tecnología revolucionaria. En la década de los ochenta se impulsó el desarrollo de un segundo proyecto de traducción automática que abarcó todo el decenio, pero los desarrollos se realizaron, al igual que el primero, con algoritmos informáticos de tipo convencional. En términos de alcance de objetivos ambos proyectos resultaron fallidos.

En 1984 se establecieron los Programas Marco de investigación y desarrollo tecnológico que estructuran y proporcionan financiación a las iniciativas en investigación y desarrollo a todos los Estados miembros y terceros países europeos, siendo la principal iniciativa de fomento y apoyo a la I+D+i. Tienen como principal objetivo la mejora de la competitividad mediante la financiación de actividades de investigación, desarrollo tecnológico, demostración e innovación en régimen de colaboración transnacional entre empresas e instituciones de investigación. Hasta el momento se han sucedido ocho Programas en los que se han invertido más de 180.000 millones de euros, de los cuales una parte muy importante corresponde a proyectos de TIC, IA, RA y BD.

A principios de la década de los noventa se observó que el desarrollo del sistema de traducción automática podría conducir a un progresivo empobrecimiento lingüístico debido

a la desaparición de las particularidades de cada idioma, en especial en materia de vocabulario, es decir, se observó un contrasaliente de tipo cultural que pudo influir en el futuro inmediato de los sistemas de traducción automática europeos. Con veinticuatro idiomas todo apuntaba a que el sistema colapsaría, por lo que se hacía necesario desarrollar un nuevo paradigma tecnológico basado en el aprendizaje automático de las máquinas: IA Neural Machine Translation (NMT). En el año 2013 se implantó el MT@EC, y en 2017 con tecnología de aprendizaje profundo de redes neuronales de IA culminó la innovación con el sistema eTranslation. También, a mediados de los noventa se vinculó políticamente la IA con los procesos de producción industrial en la UE, y surgió una innovación basada en un invento que podría ser denominado de tipo radical: internet, una tecnología disruptiva ligada inexorablemente a las tecnologías de la información y las telecomunicaciones que propició la emergencia de la economía digital.

En la primera década del siglo XXI se constató que las Directivas sobre el sector de las máquinas del año 2006 no eran de aplicación directa en el ámbito de las tecnologías con IA dado que el concepto de máquina observado en las Directivas poco o nada tenía que ver con las tecnologías digitales avanzadas provistas de inteligencia, por ejemplo, la necesidad de un marco jurídico para registrar a los robots autónomos y enjuiciar las responsabilidades de sus acciones. Asimismo, la normativa debería regular su dinámica en la medicina digital, es decir, en la asistencia geriátrica y la cirugía robótica, y en los diagnósticos y tratamientos médicos.

La crisis económica del 2008 marcó un punto de inflexión en el devenir tecnológico de la UE, ya que propició la aprobación en 2010 de la estrategia Europa 2020 y la Agenda Digital para Europa, mecanismos que tuvieron gran relevancia sobre el Programa Marco Horizonte 2020 (2014-2020) y el Mercado Único Digital. A principios de la segunda década comenzaron a aparecer las primeras asociaciones público-privadas como la Big Data Value Association y SPARC, que agrupan a todos los países europeos interesados en mantener y ampliar el liderazgo en robótica mediante proyectos de I+D+i. Asimismo, se fundaron los polos de innovación digital, los centros de excelencia y los entornos experimentales en desarrollo,

ensayo e innovación en IA. Todas estas iniciativas junto a la mejora en las TIC favorecieron el crecimiento de la IA y el BD. En el año 2014, solo la economía de los datos con unos pocos años de existencia equivalía al 1,85% del PIB de la UE, y según estimaciones podría alcanzar el 3,17% en 2020. Respecto a la fase de competencia ocurrió algo parecido. En 2016 la UE contaba con alrededor de un cuarto de millón de empresas de datos, lo que suponía una gran competencia empresarial, además, la cifra podría incrementarse abultadamente para el año 2020 en condiciones de una fuerte expansión. Por lo que respecta a las invenciones, el crecimiento del número de inventos relacionados con la IA fue muy elevado, hecho que quedó evidenciado por el gran incremento en el registro de patentes y de publicaciones ligadas a la IA. Estos inventos incrementales alimentaban de manera continua el proceso de cambio tecnológico dando lugar a posibles anomalías presuntas como la capacidad de procesar con eficiencia el cada vez más inmenso universo de datos del BD en un futuro próximo, y que se abordó con el proyecto en curso Quantum Flagship de computación cuántica.

Desde mediados de la segunda década del siglo XXI la UE comenzó a financiar proyectos de desarrollo de IA basada en el aprendizaje automático en ámbitos como la sanidad con la participación de instituciones universitarias y empresas privadas. Además, la Unión promocionaba las plataformas digitales para conectar los centros especializados en robótica sanitaria en una red paneuropea. El Parlamento Europeo observó que la RA tenía el potencial de reducir los gastos sanitarios y proporcionar importantes beneficios sociales y económicos con el despliegue de estas tecnologías. Se innovó con aplicaciones de IA en diagnósticos y tratamientos médicos. Se identificaron obstáculos jurídicos y administrativos para la integración de la normativa de la UE en materia de datos, elemento fundamental para entrenar modelos de IA, y para el desarrollo de la economía de los datos. En parte, se debió a que prevalecían diferentes culturas y tradiciones europeas. Tanto es así que su libre circulación se vio seriamente obstaculizada por las actitudes defensivas soberanistas de los Estados miembros. Las políticas industriales de los Estados miembros generaban entornos legislativos diferentes y no existía un marco industrial común debido a las actitudes

defensivas de los gobiernos. Así y todo, se aprobaron normativas para regular las cuestiones concernientes al Big Data, tanto la referida a los Reglamentos sobre datos personales de 2016, como a los datos no personales de 2018. Ambos reglamentos sobre el BD aportan, por una parte, seguridad jurídica a la ciudadanía y las organizaciones con el RGPD, y por la otra, eliminan los obstáculos a la libre circulación de datos de carácter no personal para potenciar la economía de los datos en el Espacio Económico Europeo.

También en esta segunda década del siglo XXI florecieron novedades en modelos empresariales como la desintermediación con las plataformas digitales y nuevas profesiones como el analista de datos en BD o en transformación digital de las empresas, que reflejaban el avance de la economía digital. Asimismo, el interés por la ética en la IA se había generalizado con diversas iniciativas como los foros y cumbres globales. En este sentido, se desvelaron problemáticas de carácter ético como los *robots asesinos* que movilizaron a organizaciones como Human Right Watch, Future of Life Institute y el Comité Económico y Social Europeo. En 2017 se fundó el foro AI4People con actores interesados en dar forma a la repercusión social de las nuevas aplicaciones de IA (Comisión y Parlamento Europeo, organizaciones de la sociedad civil, la industria y medios de comunicación). También desde ese año se celebraron cumbres anuales denominadas AI for Good Global Summit, que aportaban declaraciones importantes sobre aspectos éticos de la IA que no pasaron desapercibidos a la industria.

La política europea constataba la necesidad de crear códigos claros de conducta para desarrolladores y profesionales de la IA, y se observaba la necesidad de una regulación ética en el desarrollo y uso de la IA, la RA y el BD. El Consejo de Europa publicó que la incidencia de la IA en la sociedad podría ser muy importante, por ejemplo, en la libertad de expresión, la libertad de reunión, la dignidad humana, la protección de los datos personales y de la vida privada, y la discriminación por razón de sexo, raza, origen étnico, religión o credo.

En 2018 la Comisión consideró mediante la estrategia industrial y tecnológica «AI Made in Europe» a las tecnologías relacionadas con la IA, la principal impulsora del crecimiento

económico y productivo de la UE que contribuiría a la sostenibilidad de la base industrial en Europa. A tal efecto, y coordinado con estrategias que estaban en curso, la Comisión aumentó las inversiones en IA en base a Horizonte 2020 a 1.500 millones de euros en el período 2018-2020. Asimismo, se aprobaron las primeras normas jurídicas y la creación de los primeros programas de investigación y desarrollo del BD. Sin embargo, no se trató ninguna normativa jurídica especial para regular las cuestiones que se planteaban en relación a la responsabilidad de la IA (robots y softbots autónomos). En el marco jurídico estas tecnologías no fueron consideradas responsables de los actos u omisiones que causaran daños a terceros; en consecuencia, la falta de legislación específica sobre responsabilidad objetiva podía limitar el desarrollo de la IA y la RA, por ejemplo, en la medicina digital y la conducción autónoma de vehículos.

A finales de la segunda década del siglo XXI se produjo una invención radical expresada en un documento institucional del Parlamento Europeo: la personalidad jurídica específica de los robots autónomos con responsabilidad de los daños que pudieran causar (personas electrónicas). Invención conceptual que abrió una novedosa perspectiva *cuasi* de ciencia ficción sobre el tipo de relaciones que pueden llegar a darse entre humanos y máquinas, y en donde la tecnología jugará un papel *determinante* en el futuro de la humanidad. También se intensificaron las inversiones para reforzar la innovación en todos los ámbitos de la economía y hubo una declaración de intenciones de la Comisión de crear una IA ética, segura y centrada en el ser humano. En este sentido, se formularon los principios éticos y técnicos para crear una cultura de IA europea ética y fiable con la mirada puesta en todos los valores fundacionales de la UE. En esta cultura se exige la ausencia de sesgos injustos que puedan presentar inclinaciones históricas inadvertidas o modelos de gestión incorrectos que podrían dar lugar a injustos prejuicios junto a una indeseable discriminación y marginación de las personas. También a finales de la década, se sentaron las bases para la ciencia y la tecnología en el boceto del noveno Programa Marco, conocido como Horizonte Europa (2021-2027), que prevé fortalecer la ciencia y la tecnología digital avanzada para lograr un crecimiento sostenible en la Unión que, inevitablemente reforzará la integración europea.

Para finalizar esta breve narración de la historia de la UE desde la perspectiva de las TIC y del Sistema Tecnológico Europeo Digital Avanzado, y a modo de corolario, la Unión Europea la podemos reconocer a través de algunas de las declaraciones institucionales como las siguientes: en el ámbito tecnológico de la traducción automática de lenguajes, en 1976 la Comisión declaró que la variedad idiomática europea es una valiosísima herencia cultural que debemos recuperar y proteger porque representa la historia de la civilización de Europa (COM/1976/705). Un año después, y como augurio de la instauración de los Programas Marco que han impulsado la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica, manifestó que los procesos tecnológicos revolucionarios y aparentemente visionarios como aquellos que están involucrados en IA o ingeniería genética, se están convirtiendo en realidades y debemos prepararnos ahora para las realidades del mañana (COM/1977/283). No obstante, tuvieron que transcurrir casi dos décadas para que el Consejo de la Unión Europea, en 1994, vislumbrara la vinculación entre las personas, la IA y la industria en la expresión: la mejora de los procesos industriales debe abordarse teniendo en cuenta las tecnologías basadas en la IA con un enfoque de innovación sostenible y tomando en consideración los factores humanos (94/571/CE).

Más de dos decenios después, en 2016, y atendiendo al artículo 8.1 de la Carta de los Derechos Fundamentales de la UE (2012/C 326/02) y al artículo 16.1 del Tratado de Funcionamiento de la UE (2012/C 326/01), el Parlamento y el Consejo aprobaron el Reglamento (UE) 2016/679 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a su libre circulación. Pronto le llegó el turno para los datos no personales con la afirmación de que deben abolirse en la UE los obstáculos injustificados a la libre circulación de datos no personales mediante el Reglamento (UE) 2018/1807 para impulsar la economía digital y cohesionar los ámbitos tecnológico, científico e industrial, en donde los datos constituyen un activo cada vez más imprescindible para el desarrollo de nuevas tecnologías como la IA y el Internet de las Cosas, y a la vez para desarrollar el Mercado Único Digital (COM/2018/232).

En 2017 el Comité Económico y Social Europeo afirmó que todas las industrias, grandes y pequeñas deben participar en el proceso tecnológico en el que no debería haber oposición entre las industrias existentes y los sectores más jóvenes (2017/C 345/22). También defendió el control humano sobre las máquinas, de modo que estas continúen siendo máquinas y los humanos conserven en todo momento el dominio sobre ellas (2017/C 288/01), es decir, un enfoque antropocéntrico de la roboética basado en las teorías éticas convencionales. Una orientación en la que subyace la indicación para construir socialmente la tecnología digital avanzada europea dado que, por una parte, se afirma que nuestra forma de abordar la cuestión de la IA definirá el mundo en el que vamos a vivir (COM/2018/237), y por la otra, se alude a edificar una IA ética y confiable (COM/2018/795). Ambas orientaciones se integraron un año después en las Directrices Éticas para una IA fiable (AI-HLEG, 2019a), que se ocupan de impulsar una cultura de IA para una Europa en la que los beneficios de la IA lleguen a todos los ciudadanos garantizando el respeto de los valores fundacionales de la UE, como los derechos fundamentales y el Estado democrático de derecho que representan el progreso y la modernidad social.

Por último queremos resaltar la visión constructivista de la tecnología mostrada por el Grupo de Expertos de Alto Nivel en Inteligencia Artificial en la siguiente declaración: «La confianza en el desarrollo, despliegue y utilización de sistemas de IA no concierne únicamente a las propiedades inherentes a esta tecnología, sino también a las cualidades de los sistemas sociotécnicos en los que se aplica la IA. Estos sistemas abarcan personas, agentes estatales, corporaciones, infraestructura, programas informáticos, protocolos, normas, gobernanza, leyes existentes, mecanismos de supervisión, estructuras de incentivos, procedimientos de auditoría, informes sobre buenas prácticas, etc.» (AI-HLEG, 2019a pág. 6).

LA LITERATURA CIENTÍFICA QUE SE HA GENERADO sobre la integración de Europa suele centrarse en investigaciones que se desarrollaron poco después de finalizar la II Guerra Mundial en los ámbitos social, político y económico. Con esta tesis doctoral se incorpora una aproximación desde la ciencia y la tecnología y se trata de entender cómo la inteligencia artificial, la robótica autónoma y el big data se han construido socialmente en la Unión Europea entre 1950 y 2019. Se investiga desde un enfoque con narrativas procedentes de la tecnología, la medicina, la industria, la economía, la legislación, la ética y la política, las cuales ayudan a comprender qué es Europa, y también, a razonar o imaginar su futuro en un contexto global.