

**CS** CIBER  
SOCIEDAD  
< colección >

# HABILITANDO LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL

TOMO I

Compilación de:  
Alina Ruiz Jhones  
Tatiana Delgado Fernández  
Ailyn Febles Estrada  
Suilan Estévez Velarde



unión de  
informáticos  
de cuba



EDITORIAL



**HABILITANDO  
LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL**



**CS** CIBER  
SOCIEDAD  
< colección >

# HABILITANDO LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL

## TOMO I

**Compilación de:**

Alina Ruiz Jhones

Tatiana Delgado Fernández

Ailyn Febles Estrada

Suilan Estévez Velarde

**Prólogo de:**

Mayra Arevich Marín



Edición y corrección: Aldo R. Gutiérrez Rivera  
Cubierta, diseño y composición: Edgar Gómez Díaz

© Alina Ruiz Jhones y coautores, 2022  
Sobre la presente edición  
© Unión de Informáticos de Cuba, 2022  
© Editorial UH, 2022

*Isbn*

978-959-7265-44-3  
978-959-7265-45-0

*Unión de Informáticos de Cuba*

Calle 162, No. 317, entre 3ra. y 3ra. A, Reparto Flores,  
Playa, La Habana, Cuba. CP 11300.  
Correo electrónico: [info@uic.cu](mailto:info@uic.cu)  
Facebook: [uicuba](https://www.facebook.com/uicuba)

*Editorial UH*

Dirección de Publicaciones Académicas,  
Facultad de Artes y Letras, Universidad de La Habana  
Edificio Dihigo, Zapata y G, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba. CP 10400.  
Correo electrónico: [editorialuh@fayl.uh.cu](mailto:editorialuh@fayl.uh.cu)  
Facebook: [editorial.uh.98](https://www.facebook.com/editorial.uh.98)

# SIGLAS

Aclifim (**Asociación Cubana de Limitados Físico-Motores**)  
ACM (**Association for Computing Machinery**)  
ADN (**Ácido desoxirribonucleico**)  
AE (**Arquitectura Empresarial**)  
AGA (**Alianza de Gobierno Abierto**)  
AIS (**Association for Information Systems**)  
ANCI (**Asociación Nacional de Ciegos y Débiles Visuales**)  
ANSOC (**Asociación Nacional de Sordos de Cuba**)  
API (**interfaz de programación de aplicaciones**)  
ATM (**cajero automático**)  
AVA (**alto valor agregado**)  
Bandec (**Banco de Crédito y Comercio**)  
BanMet (**Banco Metropolitano**)  
BCC (**Banco Central de Cuba**)  
BICSA (**Banco Internacional de Comercio S.A.**)  
BIS (**Banco Internacional de Compensaciones**)  
BITC (**Business in the Community**)  
BPA (**Banco Popular de Ahorro**)  
BPM (**Business Process Management Systems**)  
BYOD (**Bring Your Own Device**)  
CAME (**Consejo de Ayuda Mutua Económica**)  
CBDM (**Dinero Digital del Banco Central**)  
CC del PCC (**Comité Central del Partido Comunista de Cuba**)  
CENATAV (**Centro de Aplicaciones de Tecnologías de Avanzada**)  
CENDA (**Centro Nacional de Derecho de Autor**)  
CEPAL (**Comisión Económica para América Latina**)  
CES (**Centro de Educación Superior**)  
CID (**Centro de Investigaciones Digitales, actual ICID**)  
CIGB (**Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología**)  
CIGE (**Carta Iberoamericana de Gobierno Electrónico**)  
CIO (**Chief Information Officer**)  
Citma (**Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente**)

**Citmatel (Empresa de Tecnologías de la Información y Servicios Telemáticos Avanzados)**

**coLab (Laboratorios de Innovación para la Transformación Digital del Sector de la Cultura)**

**CRM (Customer Relationship Management Systems)**

**CTI (ciencia, tecnología e innovación)**

**CUBANIC (Centro de Información de Red de Cuba)**

**CUC (peso cubano convertible)**

**Cujae (Universidad Tecnológica de La Habana)**

**CUP (peso cubano)**

**DoS (denegación de servicios)**

**DPOs (prueba de soporte delegada)**

**DT (gemelo digital)**

**DTC (Centro de Transformación Digital)**

**DTI (Digital Transformation Initiative)**

**EBT (Entidad de Base Tecnológica)**

**ECTI (Entidades de Ciencia, Tecnología e Innovación)**

**EE. UU. (Estados Unidos)**

**EIF (European Interoperability Framework)**

**EMIF (European Medical Information Framework)**

**ENoLL (Red Europea de Laboratorios Vivientes)**

**EPAN (European Public Administration Network)**

**EQF (Marco Europeo de Cualificaciones)**

**ERP (Enterprise Resource Planning)**

**ESCO (Clasificación Multilingüe de Habilidades, Competencias, Cualificaciones y Ocupaciones Europeas)**

**Etecsa (Empresa de Telecomunicaciones de Cuba)**

**ETI (Empresa de Tecnología de la Información de BioCubaFarma)**

**FCIL (Fondos Canadienses para Iniciativas Locales)**

**FCOM (Facultad de Comunicación de la Universidad de La Habana)**

**FEAF (Marco de Arquitectura Empresarial Federal de Estados Unidos de América)**

**Fincimex (Financiera Cimex, S.A.)**

**FLISOL (Festival Latinoamericano de Instalación de Software Libre)**

**FLOSS (Filosofía de Software Libre y Código Abierto)**

**FMC (Federación de Mujeres Cubanas)**

**FTC (fuerza de trabajo calificada)**

**FUC (ficha única del ciudadano)**

**G2B (Gobierno-Empresa)**

**G2C (Gobierno-Ciudadano)**



**G2G (Gobierno-Gobierno)**  
**GEDEL (Centro para la Gestión Estratégica del Desarrollo Local)**  
**HC (capacidades humanas)**  
**HIDS (Host-based Intrusion Detection System)**  
**HXD (Fujitsu Human Centric Experience Design)**  
**I+D+i (investigación + desarrollo + innovación)**  
**IA (Inteligencia Artificial)**  
**laas (infraestructura como servicio)**  
**IASP (Asociación Internacional de Parques Científicos y Áreas de Innovación)**  
**ICIMAF (Instituto de Cibernética, Matemática y Física)**  
**ICL (Instituto Cubano del Libro)**  
**IDGE (Índice de Desarrollo de Gobierno Electrónico, de la ONU)**  
**IDGD (Índice de Desarrollo del Gobierno Digital)**  
**IDM (World Digital Competitiveness)**  
**IEC (Comisión Electrotécnica Internacional)**  
**IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)**  
**IEEE-CS (Computer Society de la IEEE)**  
**IFIP (International Federation for Information Processing)**  
**InfoCAP (Empresa de informática del Gobierno de La Habana)**  
**INL<sup>2</sup>P (Infraestructura Nacional de Llave Pública)**  
**INSAC (Instituto Cubano de Técnica y Sistemas Automáticos)**  
**IoB (Internet de los Comportamientos)**  
**IoT (Internet de las Cosas)**  
**ISCTN (Instituto Superior de Ciencia y Tecnología Nuclear)**  
**ISIMM (Modelo de Madurez de Interoperabilidad entre Sistemas de Información)**  
**ISO (Organización Internacional de Normalización)**  
**ITM (Instituto Técnico-Militar)**  
**LCI (Lenguaje Común de Interoperabilidad)**  
**LCIM (Modelo de Niveles de Interoperabilidad Conceptual)**  
**LISI (Modelo de Niveles de Interoperabilidad de Sistemas de Información)**  
**LMS (Learning Management System)**  
**LPI (Linux Professional Institute)**  
**Matcom (Facultad de Matemática y Computación)**  
**MES (Ministerio de Educación Superior)**  
**MIC (Ministerio de la Informática y las Comunicaciones)**  
**Mincex (Ministerio de Comercio Exterior)**  
**Mincom (Ministerio de Comunicaciones)**  
**Mincult (Ministerio de Cultura)**

**MINED (Ministerio de Educación)**  
**MINFAR (Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias)**  
**MININT (Ministerio del Interior)**  
**MINJUS (Ministerio de Justicia)**  
**Minsap (Ministerio de Salud Pública)**  
**MIS (Management Information Systems)**  
**MIT (Instituto Tecnológico de Massachusset)**  
**MLC (moneda libremente convertible)**  
**MMEI (Modelo de Madurez de Interoperabilidad a Nivel Empresarial)**  
**MN (medicina nuclear)**  
**MNNSE (Sistema de Ayuda para Pruebas de Medicina Nuclear)**  
**MRP (Materials Requirement Planning)**  
**MTSS (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social)**  
**NAP (Punto Común Neutro de Acceso a la Red)**  
**OACE (Organismos de la Administración Central del Estado)**  
**OCPI (Oficina Cubana de la Propiedad Industrial)**  
**ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible)**  
**OECD (Organización para el Desarrollo y la Cooperación Económica)**  
**OGD (Observatorio de Gobierno Digital)**  
**OIMM (Modelo de Madurez de Interoperabilidad Organizacional)**  
**OMPI (Oficina Mundial de Propiedad Intelectual)**  
**Onat (Oficina Nacional de Administración Tributaria)**  
**ONEI (Oficina Nacional de Estadística)**  
**ONG (Organización No Gubernamental)**  
**ONU (Organización de las Naciones Unidas)**  
**OS (servicios en línea)**  
**OSRI (Oficina de Seguridad para las Redes Informáticas)**  
**PaaS (plataforma como servicio)**  
**PADIT (Plataforma Articulada para el Desarrollo Integral Territorial)**  
**PAICM (Public Administration Interoperability Capability Model)**  
**Pasared (pasarela de pagos)**  
**PBFT (tolerancia a fallos bizantinos práctica)**  
**PCT (Parques Científicos y Tecnológicos)**  
**PEA (proceso de enseñanza-aprendizaje)**  
**PEC (programador de equipos de cómputo)**  
**PID (proveedor de identidad digital)**  
**PLM (ciclo de vida del producto)**  
**PNCTI (Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación)**

**PND (Plan Nacional de Desarrollo)**  
**PoS (prueba de soporte)**  
**PoW (prueba del trabajo)**  
**RACI (responsible, accountable, contributor, informed)**  
**RAE (Real Academia de la Lengua Española)**  
**REDSA (Servicios de Pago Red S.A.)**  
**RFID (identificación por radiofrecuencia)**  
**RNA (redes neuronales artificiales)**  
**ROSET (Resolución Objetiva por Sistema Experto de Tormentas)**  
**RPNS (Registro Nacional de Publicaciones Seriadadas)**  
**SaaS (software como servicio)**  
**SABIC (Sistema Automatizado para la Banca Internacional y de Comercio)**  
**SADlin (Sistema de Apoyo al Diagnóstico Clínico)**  
**SAM (Strategic Alignment Model)**  
**SCGG (Sociedad Cubana de Geriatria y Gerontología)**  
**SCM (Supply Chain Management Systems)**  
**SEI (Software Engineering Institute)**  
**SFIA (marco de habilidades para la era de la información)**  
**Sime (Ministerio de la Industria Sideromecánica)**  
**SLBTR (sistemas de liquidación bruta en tiempo real)**  
**SOA (arquitectura orientada a servicios)**  
**SUIN (Sistema Único de Identificación Nacional)**  
**SW (software)**  
**TCP (trabajador por cuenta propia)**  
**TD (transformación digital)**  
**TI (infraestructura de telecomunicaciones)**  
**TI (tecnología de información)**  
**TIC (tecnología de la información y las comunicaciones)**  
**TO (tecnología operacional)**  
**TOGAF (The Open Group Architecture Framework)**  
**TPV (terminal de punto de venta)**  
**TRD Caribe (Tiendas Recaudadoras de Divisas Caribe)**  
**UC (Universidad de Camagüey)**  
**UCI (Universidad de las Ciencias Informáticas)**  
**UCLV (Universidad Central Marta Abreu, de Las Villas)**  
**UEIH (Universidad de Estudios Internacionales de Hebei, China)**  
**UH (Universidad de La Habana)**  
**UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones)**

**UO (Universidad de Oriente)**

**USD (dólar estadounidense)**

**UTAUT (Unified Theory of the Acceptance and Use of Technology)**

**WAF (Web Application Firewall)**

**www (World Wide Web)**

**Xetid (Empresa de Tecnologías de la Información para la Defensa)**

**XSS (Secuencia de Comandos en Sitios Cruzados)**

---

## Prólogo

El libro *Habilitando la Transformación Digital* –tomos I y II–, se publica en un contexto singular. La COVID-19 nos ha dejado un nuevo escenario, matizado además por el recrudecimiento del bloqueo económico, comercial y financiero del Gobierno de los Estados Unidos a Cuba. Sin embargo, el forzado aislamiento social inducido por la pandemia incentivó la esfera de las tecnologías digitales y su uso como palanca imprescindible para el desarrollo económico y social. Múltiples esfuerzos e iniciativas en este campo ayudaron a mantener el país funcionando y probaron sus potencialidades, emergiendo nuevas plataformas de teleformación, aplicaciones de comercio electrónico y variantes de teletrabajo, entre otras iniciativas.

Por otra parte, en relación con el sistema de Gobierno orientado a la ciencia y la innovación, el país se ha propuesto crear e implementar una Política de Transformación Digital y una Agenda Digital. Un trabajo colaborativo y mancomunado del Gobierno, del sector empresarial estatal y los nuevos actores económicos, junto a la academia y la sociedad civil, está generando un nuevo marco legal para apoyar la implementación del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030 y la construcción de nuestra sociedad socialista, aprovechando las nuevas tecnologías digitales que se soportan sobre los copiosos y variados datos generados en la era moderna, con un enfoque inclusivo y centrado en el ciudadano.

Nuestro presidente Miguel Díaz-Canel Bermúdez, en el marco del Consejo Nacional de Innovación, señaló que la transformación digital es un concepto

más integrador, continuidad de la informatización de la sociedad. Resaltó que tiene que ser transversal a todos los ámbitos de la vida: político, económico y social. De ahí su énfasis en aplicar ese concepto de una manera articulada en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030, teniendo en cuenta la planeación estratégica del país.

También instó a cambiar la manera de pensar y rediseñar los procesos para transformarlos digitalmente. No es solo buscar aplicaciones informáticas que los asuman, sino además, cómo se rediseñan los procesos para que funcionen en un mundo digital. Insistió en que ello requiere cultura, por eso es importante considerar todos los elementos, entre los cuales la capacitación desempeña un rol fundamental: a los niños, a los jóvenes, a los cuadros, a los gestores, a los decisores y a la población en sentido general.

Considerando estas reflexiones, podemos afirmar que la transformación digital significa un cambio cultural orientado al uso de las tecnologías digitales más disruptivas; transformar los procesos enfocados en el ciudadano, sea en la administración pública, el Gobierno, las instituciones sociales o las empresas, haciendo un uso intensivo y extensivo de los datos. Implica también diversificar los actores económicos y la industria tecnológica e informática, para lograr una mayor calidad y competitividad, acortar los tiempos y crear más plataformas y herramientas digitales que permitan satisfacer a las personas, y aseguren el desarrollo económico y social del país. Sin esa transformación no podremos cerrar el ciclo de los servicios que se ofrecen y que forman parte hoy de las dinámicas globales.

Si reflexionamos que el contenido de este libro fue proyectado al finalizar los debates del II Con-

greso Cibernsiedad 2019, organizado por la Unión de Informáticos de Cuba (UIC), con el objetivo de sistematizar las principales experiencias que se desarrollaron en el país y se publica justo antes de la elaboración de la nueva Política de Transformación Digital, este texto deviene obra de consulta y orientación necesaria en el proceso de implementación de la política y su agenda 2030.

Antes de adentrarnos en la importancia del libro, es justo reconocer la visión de la UIC sobre la necesidad de impulsar la transformación digital desde su creación, en 2016, con el lanzamiento del Congreso Cibernsiedad, enfocado esencialmente en este paradigma y, luego, con la publicación de *Cibernsiedad: soñando y actuando*, que marcó el inicio de una colección que ve nacer dos tomos de un nuevo libro.

Sin lugar a dudas, estamos ante un valioso contenido que se enfoca en los pilares esenciales de la transformación digital y provee conceptos, buenas prácticas y lecciones aprendidas, dirigido a satisfacer un amplio grupo de lectores que van desde los profesionales de las TIC hasta los decisores en todos los sectores, pues la transformación digital es un proceso que impacta a todas las esferas de actuación humana. Además, pensamos que, por su lenguaje sencillo y sin pretensiones académicas, aunque no exento de rigor, será particularmente agradecido por la ciudadanía, que desea conocer más de estos temas para mejorar su cultura digital y transformar su cotidianidad, a partir de los nuevos servicios y las múltiples posibilidades que ofrecen las tecnologías digitales.

Hilvanado desde una caracterización conceptual de la transformación digital que nos lleva a reflexionar por qué necesitamos asumirla, el libro se adentra en las arquitecturas e infraestructuras

claves para su desarrollo, con foco en la interoperabilidad y la ciberseguridad, como bloques fundamentales para soportar su implementación. Especial atención merecen los capítulos que describen el estado y los desafíos del gobierno digital en Cuba, junto al papel que desempeña el Observatorio de Gobierno Digital, para seguir el progreso de sus principales indicadores y las plataformas digitales, para incentivar los servicios de cara a la ciudadanía. Asimismo, se aborda la transformación digital en la empresa y la industria, desde la mirada de la academia, las empresas proveedoras de productos y servicios TIC y otras empresas líderes en la adopción de la transformación digital. Una mirada a las criptomonedas que se basan en una de las tecnologías emergentes de este proceso, las cadenas de bloque o *blockchain*, es particularmente interesante en función de desmitificar este concepto para su mejor comprensión por todos.

Cuba experimenta una madurez creciente en las regulaciones que fomentan los procesos de innovación en todos los sectores de la sociedad. Las nuevas entidades dinamizadoras de la innovación, como las entidades de interfaz universidad-empresa y los Parques Científico-Tecnológicos, están representados también en el libro, así como una experiencia de internacionalización en alianza con la República Popular China, existente desde la academia, para el impulso de tecnologías habilitadoras como la inteligencia artificial. Es notorio el enfoque que se desarrolla en los laboratorios de innovación para la transformación digital, los que se despliegan a lo largo del país, bajo la conducción de la Unión de Informáticos de Cuba y el apoyo de las estructuras de Gobierno y los ecosistemas digitales en los territorios. Además, se revela el enfoque inclusivo



de la transformación digital y su impacto social, que son principios clave de la sociedad justa y próspera que se construye, con énfasis en las experiencias de transformación digital para la mejora de dos esferas de máxima prioridad en nuestro país: la Educación y la Salud.

No son pocos los desafíos que debemos enfrentar en este camino. Es necesario seguir consolidando el ecosistema digital cubano y aunar esfuerzos para la potenciación de la industria cubana de *software*, sumando en este empeño a los nuevos actores económicos. Esta industria tiene la alta responsabilidad de promover la adopción y utilización de tecnologías digitales y, al mismo tiempo, de revolucionarse para ofrecer aplicaciones, contenidos y servicios de Internet cada vez más competitivos, así como contribuir a la expansión del gobierno electrónico. Sin embargo, quizás el mayor reto está, como señalamos anteriormente, en concebir la transformación digital como un fenómeno netamente cultural, entendiendo la cultura como un elemento clave para el desarrollo.

El Ministerio de Comunicaciones agradece a la Unión de Informáticos de Cuba por conducir esta obra, así como a los más de treinta autores que se han involucrado conscientemente para aportar las múltiples miradas a un proceso complejo que está en el centro de las proyecciones del Gobierno y del Estado cubano. Alentamos a los lectores para que reflexionen sobre su papel en este proceso, cualquiera que sea el rol que desempeñan, y a profundizar en los pilares fundamentales para habilitar la transformación digital en nuestro país.

M. Sc. Mayra Arevich Marín  
Ministra de Comunicaciones



# CONTENIDO

## TOMO I

### Parte I. ¿Por qué transformación digital?

- 21** Conceptos y pilares para la transformación digital (Alina Ruiz Jhones / Julio Vidal Larramendi) /
- 37** Competencias para la transformación digital (Yadary C. Ortega-González / Mercedes Delgado Fernández / Tatiana Delgado Fernández) /
- 67** Confluencia de habilitadores y disruptores tecnológicos de la transformación digital (Tatiana Delgado Fernández / Miguel Katrib Mora / Rafael E. Bello Pérez / Alejandro Rosete Suárez) /
- 94** Necesidad, oportunidades y barreras en Cuba (Alina Ruiz Jhones / Julio Vidal Larramendi) /
- 114** La transformación digital en el mundo hoy. El efecto de la pandemia en la transformación digital y viceversa (Rafael E. Bello Pérez) /
- 131** El año 2020: la pandemia, la ciencia y la tecnología. Efectos en la transformación digital (Alejandro Rosete Suárez / María Matilde García Lorenzo / Mailyn Moreno Espino / Humberto Díaz Pando / Rafael E. Bello Pérez) /

### Parte II. Claves para la transformación digital

- 149** La triada informacional del gobierno digital: datos, información y conocimiento (Yunier Rodríguez Cruz) /
- 167** La interoperabilidad, habilitante para la transformación digital (Ailyn Febles Estrada / Alena González Reyes) /
- 186** Arquitectura de gobierno electrónico (Arturo César Arias Orizondo) /
- 208** Recursos humanos para la transformación digital: un tema decisivo (Alina Ruiz Jhones / Julio Vidal Larramendi) /
- 223** Ciberseguridad: en el centro de la transformación digital (Henry Raúl González Brito) /

## TOMO II

### Parte III. Gobierno digital

- 21** Derecho para la transformación digital en Cuba (Yarina Amoroso) /
- 51** Avances en la implementación de gobierno digital en Cuba (Magda Brito D´Toste) /
- 58** El Observatorio de Gobierno Digital de Cuba: un enfoque desde ciencia, política pública y ciudadanía (Yunier Rodríguez Cruz) /
- 72** Plataformas cubanas de gobierno digital (Medardo Morales Martín) /

#### **Parte IV. La transformación digital en la empresa y la industria**

- 85** La transformación digital en la empresa hoy: ser o no ser (Carlos Ramón López) /
- 105** La transformación digital en la industria cubana: quemar etapas (Armando Estévez Alonso) /
- 111** La transformación digital del sistema bancario (Beatriz Milián Sardiña) /
- 134** Las empresas en la economía digital (Raúl Bonilla) /
- 138** El comercio electrónico en Cuba: luces y sombras (Medardo Morales Martín) /
- 146** Tipos de criptomonedas y sus posibilidades en Cuba (Jorge Barrera Ortega) /

#### **Parte V. Innovación institucional para la transformación digital**

- 171** Nuevas estructuras de integración universidad-empresa (Alina Ruiz Jhones / Yanet Rodríguez Sarabia / Gilberto Quevedo Sotolongo) /
- 182** Los parques científicos y tecnológicos y la transformación digital (Rafael Luis Torralbas Ezpeleta) /
- 197** Nuevas carreras y unidades de ciencia, tecnología e innovación, en función de la transformación digital (Alina Ruiz Jhones / Yudiivián Almeyda Cruz / Alejandro Lage / Natalia Martínez) /
- 209** Internacionalización de la universidad para la transformación digital: modelos emergentes (Yailé Caballero / Sun Jianzhong / Santiago Lajes / Rafael E. Bello Pérez / María Matilde García / Alejandro Rosete Suárez / Yang Zhen) /
- 217** Laboratorios de innovación: una ruta para fomentar la transformación digital local (Tatiana Delgado Fernández / Reynaldo Alonso Reyes / Elena Figueroa Cabrera / Gisela Díaz García) /
- 234** Comunidades TIC, ecosistemas de innovación social (Omar Correa Madrígala / Yadirra Ramírez Rodríguez / Hernán Pachas Magallanes) /

#### **Parte VI. Impacto social de la transformación digital**

- 245** Nuevas oportunidades en la Educación a la luz de la transformación digital en Cuba (Vivian Estrada Sentí / Juan Pedro Febles Rodríguez / Rafael E. Bello Pérez / Julio Vidal Larramendi) /
- 257** Avances e impactos de la transformación digital en el sector de la Salud en Cuba (Juan Antonio Gutiérrez Martínez / Ailyn Febles Estrada / Annia Curbelo) /
- 276** Inclusión digital. Experiencias y proyecciones desde la Unión de Informáticos de Cuba (Dayalé Torres Diéguez / Cecilia Valdespino Tamayo) /
- 285** Retos sociales de la transformación digital (Suilan Estévez Velarde / Yudiivián Almeida Cruz / Alejandro Piad Morffi) /

#### **Parte VII. La Industria cubana del *software* ante el reto de la transformación digital**

- 303** La transformación digital en Cuba: retos para la industria de aplicaciones y servicios informáticos (Grisel E. Reyes León) /
- 315** Evolución del sector privado del software en Cuba (2013-2021) (Carlos Miguel Pérez Reyes) /

## **PARTE I**

# **¿POR QUÉ TRANSFORMACIÓN DIGITAL?**



# Conceptos y pilares para la transformación digital

ALINA RUIZ JHONES / JULIO VIDAL LARRAMENDI

Hablar de la transformación digital (TD) de las entidades, ya sea en el mundo empresarial o en el entorno de la sociedad y la economía, se ha tornado un tema emergente, incluso urgente. Algunos ven este término como una moda para referirse a los cambios continuos que el uso de las tecnologías digitales ha provocado y sigue provocando en las organizaciones; otros lo consideran una transformación disruptiva, revolucionaria. Ahora bien, ¿entendemos de lo que estamos hablando cuando nos referimos a este término? ¿Vale la pena hacer una diferencia entre los conceptos «informatización» y «transformación digital»? ¿De qué estamos hablando, sobre qué concepto construiremos todos los contenidos que en este libro vamos a discutir? Trataremos, en este capítulo, de responder esas preguntas a partir de elementos que caracterizan la TD, y siempre mirando el entorno de la sociedad y la economía cubanas como marco de actuación, donde queremos que estos cambios transcurran con éxito y produzcan un alto impacto.

Sin temor a equivocarnos, podemos afirmar que la TD es un concepto totalmente del tercer milenio. Véanse, por ejemplo, los trabajos de Gebayew (2018), Vial (2019) y Delgado (2020), que incluyen revisiones de la literatura asociada al concepto. Las referencias son, casi todas, del año 2000 en adelante y, en su mayoría, de la última década.

Una primera observación –generalmente aceptada– podría ser que la TD se explica como un concepto de madurez, resultado de una evolución. Dice Wikipedia (2021):

[...] la transformación digital puede ser considerada como la tercera etapa de adopción de las tecnologías

digitales (la competencia digital; el uso digital; la transformación digital), y afecta tanto a empresas individuales como a segmentos enteros de la sociedad (Gobierno, comunicaciones globales, arte, medicina y ciencia).

Desde aquí ya se ve a la TD como un concepto retador. Para llegar a la TD hay que haber logrado determinado nivel de competencia en las tecnologías digitales y debe haberse incorporado su uso, de nuevo hasta cierto nivel, en las organizaciones que pretenden transformarse.

Como era de esperarse, dada la gran dinámica de los cambios asociados a las tecnologías digitales, no hay un concepto unánimemente aceptado de TD. Por eso, en el título de este epígrafe, hablábamos de conceptos, en plural. En Vial (2019), por ejemplo, se listan veintitrés definiciones de la TD. Citemos aquí algunas, todas muy enfocadas al entorno empresarial:

- La TD es el uso de las nuevas tecnologías digitales (redes sociales, movilidad, analítica de datos o dispositivos embebidos), para posibilitar mejoras sustantivas del negocio (mejoramiento de la experiencia del cliente, creación de nuevos modelos de negocio o dinamización de las operaciones, por ejemplo) (Fitzgerald *et al.*, 2014 y Liere-Netheler *et al.*, 2018).
- La TD abarca tanto la digitalización de los procesos con enfoque en la eficiencia, como la innovación digital enfocada a la mejora de los productos físicos existentes, con la adición de capacidades digitales (Berghaus y Back, 2016).
- Es la profunda y acelerada transformación de actividades, procesos, competencias y modelos de negocio para aprovechar totalmente los cambios y las oportunidades asociados a las tecnologías digitales y su impacto en la sociedad, de manera estratégica y priorizada (Demirkan *et al.*, 2016).
- La TD abarca la digitalización de las ventas y los canales de comunicación, lo que provee nuevas formas de interacción y compromiso con los clientes, y la digitalización de las ofertas de la empresa (productos y servicios) que reemplazan o aumentan las ofertas físicas. La TD también describe el desencadenamiento de movimientos de negocios tácticos o estratégicos mediante percepciones basadas en datos, y el lanzamiento de modelos de negocios digitales, que permiten nuevas formas de capturar valor (Haffke *et al.*, 2016).



- La TD no es un proyecto de actualización de un *software* o de mejoramiento de una cadena de suministros. Es un impacto digital planificado en lo que puede ser un sistema que funciona razonablemente (Andriole, 2017).
- Un proceso evolutivo que aprovecha las capacidades y tecnologías digitales para habilitar modelos de negocio, procesos operacionales y experiencias del cliente para crear valor (Morakanyane *et al.*, 2017).

La idea de TD surge, básicamente, en el entorno empresarial y no pocos *blogs* en estos momentos se dedican a analizar la TD en este espacio.<sup>1</sup> Por ejemplo, una definición que destaca interesantes aspectos de TD la da el *blog* TechTarget, que la formula así: «La transformación digital es la reinención de una organización a través de la utilización de la tecnología digital para mejorar la forma en que la organización se desempeña y sirve a quienes la constituyen. Digital se refiere al uso de la tecnología que genera, almacena y procesa los datos» (Spaparini y Pratt, 2021). En Sáez (2017), un empresario de Microsoft Ibérica opina sobre la TD:

[...] la transformación digital es una gran oportunidad para las empresas, que deben impulsar este tipo de proyectos [...] para ser más competitivas y ajustarse a las demandas de la economía digital y los clientes actuales. Sean del sector que sean, todas las compañías deben aprovechar las oportunidades que les ofrecen tecnologías innovadoras como el *Big Data*, Internet de las Cosas (IoT), Cloud Computing o Inteligencia Artificial para transformarse y adaptarse a un nuevo escenario, que es el que demanda el cliente actual. Un cliente que ya es digital, por lo que las empresas que quieran proporcionarles productos y servicios deben serlo de igual forma. La transformación digital les va a permitir ganar productividad, implantar nuevos modelos de negocio e infinitas oportunidades.

---

<sup>1</sup> Algunas referencias en este sentido son: <https://www.blogdetransformaciondigital.es>, <https://www.transformaciondigital.blog>, <https://www.expansion.com/blogs/transformacion-digital>, <https://www.gonzaloalonso.com/blog>, <https://blogs.tecnalia.com/inspiring-blog/tag/transformacion-digital>, <https://www.marcvidal.net/blog/tag/transformación+digital>, <https://ttandem.com/blog/que-es-la-ransformacion-digital-y-por-que-es-necesaria-para-cualquier-negocio/yhttps://jellyby.com/blog-transformacion-digital/>

En este mismo trabajo, el director de Desarrollo Digital de Oracle manifiesta:

[...] cuando hablamos de Transformación Digital, estamos hablando sobre cómo las empresas aprovechan la capacidad de las tecnologías para crear nuevos modelos de negocio, nuevas fuentes de ingresos y nuevas maneras de interactuar con los clientes. Estamos hablando, esencialmente, de crear valor a partir de los grandes volúmenes de información que se generan en el mundo *online* y en las bases de datos corporativas, generando nuevos productos y servicios y nuevos modelos de comercialización.

Y el responsable de Desarrollo de Negocios de Red Hat apunta:

[...] La transformación digital surge por la necesidad de las empresas de adaptarse al cambio en las demandas de sus clientes. El desarrollo de Internet y la telefonía móvil ha transformado la forma en que los usuarios se relacionan con las empresas. Los clientes exigen más servicios en menos tiempo. Para poder responder a estas exigencias, las empresas necesitan transformarse y transformar sus sistemas. La transformación digital viene del lado del consumidor y de la tecnología que necesita la empresa para dar este servicio.

El propio Sáez (2017) resume: «La transformación digital implica cambiar la forma en la que se hacen las cosas en la empresa, con mucho apoyo de la tecnología». Cambiar la forma de hacer las cosas. Hacer las cosas de otra manera y hacer otras cosas, diríamos nosotros. Westerman *et al.* (2011) hicieron notar la diferencia sustancial entre «digitalización» y «transformación digital». Ambos términos están relacionados, pero no son lo mismo, porque la transformación digital se apoya en el uso de la tecnología, pero se orienta a «mejorar radicalmente el rendimiento y el alcance de las empresas», lo que lo convierte en un objetivo estratégico para operar un cambio cultural. Resumiendo esta primera parte referida al entorno empresarial, nos parece suficientemente explícita e inclusiva la siguiente definición de TD, debida a Schallmoy Williams (2018):

El marco de la TD incluye la creación de redes de actores como empresas y clientes en todos los segmentos de la cadena de valor agregado y la

aplicación de nuevas tecnologías. Como tal, la TD requiere habilidades que involucran la extracción e intercambio de datos, así como el análisis y conversión de esos datos en información procesable. Esta información debe utilizarse para calcular y evaluar opciones, con el fin de permitir decisiones y/o iniciar actividades. Para incrementar el desempeño y alcance de una empresa, la TD involucra empresas, modelos de negocios, procesos, relaciones, productos, etc. [...]

Hasta aquí hemos examinado criterios que se refieren a la TD del mundo empresarial. ¿Y cómo se traducen estas características de la TD cuando nos ubicamos en el entorno de toda la sociedad? No nos basta con el enfoque empresarial; no debemos quedarnos en la idea de clientes y proveedores, porque en la sociedad todos somos ambos, y la TD debe reforzar —de hecho así lo hace— el papel de los ciudadanos como protagonistas de este cambio.

En efecto, estamos hablando de la transformación que supone considerar el paradigma digital como un hilo conductor del funcionamiento de la sociedad humana. De lo que se trata es de cambiar los procesos y las relaciones entre todos los actores y a todos los niveles, a partir de las facilidades y las nuevas formas de hacer que nos permiten las tecnologías digitales. ¿Con qué objetivo? Pues para hacer bien a la ciudadanía y para hacer su vida más fácil, más productiva, más creativa, mejor. La TD de la sociedad parte de poner al individuo, al ciudadano, en el centro, y no solo como un usuario pasivo de los cambios, sino como un cocreador de estos.

Dice Ramiro (2019):

[...] debemos perseguir el completar el concepto «Transformación Digital» con el adjetivo «Social» [...] Y para que la transformación digital beneficie a toda la sociedad [...] o a grupos sociales amplios, la introducción de la tecnología (bienes y productos) y sus recursos (aplicaciones y servicios) debe realizarse tomando a la persona como centro, y pensando en la persona como destinatario principal de la transformación digital.

Y añade:

[...] debiéramos ir hacia un diseño más universal, y aprovechar la oportunidad que nos ofrecen las cada vez más poderosas tecnologías, y empezar

a hablar de la Transformación Digital Social [...] La transformación digital es, en definitiva, la transformación de la sociedad. Es el cambio de nuestro modo de vida, de nuestros hábitos, de nuestras costumbres, de un nuevo sistema de trabajo y producción, de nuestra forma de acceso y utilización de servicios públicos y privados. Es la transformación de la Educación, la sanidad, la cultura o la comunicación. Todo ello basado en tecnologías presentes o emergentes, que van posicionándose en nuestras vidas sin darnos cuenta: IoT, *cloud*, realidad virtual, tecnologías en movilidad, sistemas de desplazamiento autónomos (coches inteligentes), desembarco de la robótica [...] tecnologías que sin los criterios de accesibilidad y usabilidad dejarán a millones de ciudadanos-usuarios-consumidores fuera del círculo, desplazándolo a puntos alejados de la circunferencia que lo sustenta. Y las consecuencias, desgraciadamente, serán desastrosas para la economía, para el gasto público y para la sociedad.

Por supuesto que este enfoque se alinea mucho más con los principios de nuestra Revolución socialista, donde siempre será primero el ciudadano, todos los ciudadanos. Con este enfoque, Delgado (2020) expone una muy completa taxonomía del concepto de TD, que nos permite entender mejor su complejidad y amplitud (figura 1).

A partir de este análisis, la autora ofrece una definición de la TD, basada en los cuatro principios referidos en la taxonomía: cambio cultural, enfoque centrado en el usuario, hiperconectividad y colaboración:

La TD es un cambio paradigmático esencialmente cultural, centrado en la experiencia y compromiso del cliente, que ocurre en un entorno de hiperconectividad y se caracteriza por la colaboración en todas las actividades de la cadena de valor; se habilita con tecnologías (disruptivas), nuevos modelos de negocio y nuevas competencias; e impacta en innovaciones organizacionales que provocan cambios en múltiples dimensiones, con énfasis en los procesos y modelos de negocio, y, simultáneamente, en las personas.

La tabla 1 (Vial, 2019) se refiere a la diferenciación de la TD de la etapa anterior de cambios generados por el uso de tecnologías de la información y la comunicación, en los procesos y las actividades de una organización.

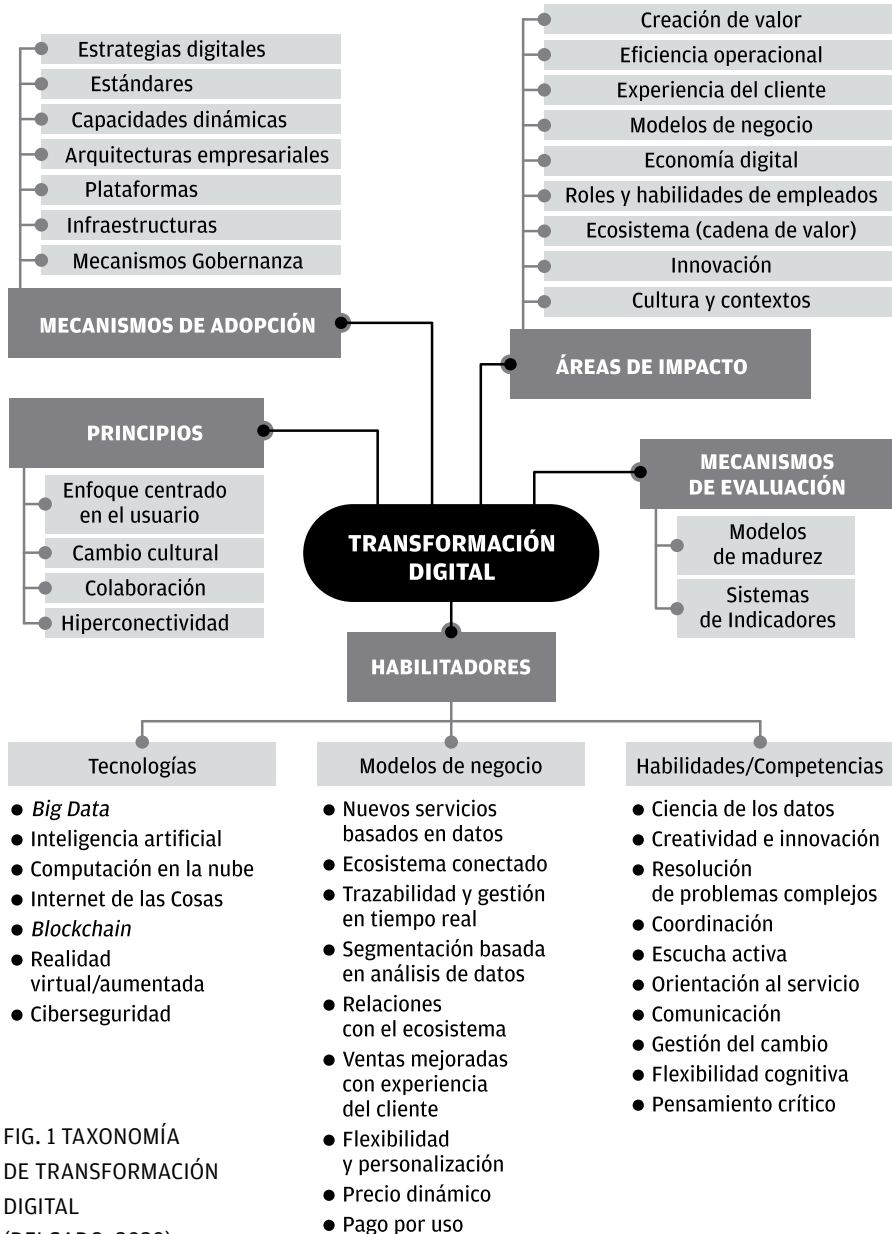


FIG. 1 TAXONOMÍA DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL (DELGADO, 2020).

TABLA 1. COMPARACIÓN ENTRE CAMBIOS HABILITADOS POR LAS TIC Y LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL

<b>Propiedad</b>	<b>Cambios habilitados por las TIC</b>	<b>Transformación digital</b>
Ímpetu	Decisión organizacional.	Tendencias industriales y sociales; decisión organizacional.
Entidad objetivo	Organización aislada y, menos frecuentemente, organización más su red inmediata de valor.	Organización, plataforma, ecosistema, industria, sociedad.
Alcance	La transformación puede, en algunos casos, ser profunda, pero típicamente se limita a los procesos de la organización y su red inmediata de valor (por ejemplo, proveedores).	Transformación profunda que tiene implicaciones más allá de la red inmediata de valor (por ejemplo, sociedad, clientes).
Medios	Artefactos individuales de TIC, primordialmente enfocados en operaciones (por ejemplo, un ERP).	Combinaciones de tecnologías digitales (por ejemplo, analítica de datos y aplicaciones móviles).
Resultados esperados	Se optimizan los procesos de negocio y se gana eficiencia. En algunos casos, el modelo de negocio de la organización focal se altera y organizaciones que ya existen se mantienen sin cambios.	Los procesos de negocios se transforman y el modelo de negocios de la organización social se modifica. En algunos casos los procesos de negocios están optimizados. Dadas sus ramificaciones a niveles superiores, la transformación descubre importantes cuestionamientos sobre la relevancia de las instituciones actuales (por ejemplo, marco regulatorio, aspectos éticos).
Foco de incertidumbre	Interno: ubicado dentro de la organización.	Externo (primero): ubicado fuera de la organización. Interno (segundo): ubicado dentro de la organización.

<b>Propiedad</b>	<b>Cambios habilitados por las TIC</b>	<b>Transformación digital</b>
Ejemplo ilustrativo	Una firma adquiere un ERP y desarrolla la reingeniería de sus procesos de negocios, de acuerdo con las mejores prácticas de la industria y los principios contables institucionalizados. La implementación del ERP también habilita un mejor acoplamiento entre la firma y sus socios de la cadena de aprovisionamiento.	Dado que los consumidores descansan cada vez más en los dispositivos móviles para conseguir bienes y servicios, una compañía decide capitalizar esta tendencia y diseñar una aplicación móvil para comprometer a la clientela. Al hacerlo, también captura y analiza los datos generados a través de la interacción de los clientes con su aplicación móvil para incrementar la proximidad del consumidor y mejorar su experiencia de cliente.

En esta misma línea, Palmer (2021) trata de establecer cinco rasgos que diferencian la TD de cualquier otro proceso de modernización con las TIC, que transcurra en una entidad específica:

1. Lo digital, primero: en el sentido de que es el paradigma de la transformación.
2. Pensamiento de diseño: adoptar un enfoque centrado en las personas. La transformación digital es un gran paso adelante, por lo que requiere un pensamiento estratégico y pasos graduales antes de intentar una implementación completa.
3. Gestión eficaz del cambio: el cambio puede ser difícil para los involucrados que están acostumbrados a hacer las cosas de cierta manera. Por esta razón, la iniciativa debe ser asumida y comunicada desde la más alta dirección, y se deben abordar temores, preocupaciones y reservas de todos, e implementar el cambio gradualmente.
4. Una organización basada en datos: saber dónde residen los datos de su entidad, cómo se deben enriquecer esos datos y cómo aplicar la analítica y la Inteligencia Artificial para aprovechar esos datos, son los primeros pasos para el éxito de la transformación digital.
5. La calidad como bandera: un objetivo clave de cualquier transformación digital es mejorar la calidad, tanto en las experiencias de los usuarios como en los productos y servicios, y en la imagen de las entidades.

A estas alturas, sin intentar dar una definición acabada de un concepto que es aún emergente, podemos intentar precisar sus rasgos característicos:

- La TD es una profunda transformación, denominada a veces como «reinención», «choque»; es un cambio disruptivo, que atraviesa a toda la organización y más allá, alcanzando incluso toda la sociedad.
- Es un cambio estratégico y, en esa condición, requiere de la voluntad del más alto nivel de dirección de la organización o de la sociedad, y una extensión de esa voluntad a todos los miembros de la organización y a la población.
- Las tecnologías digitales son, por supuesto, condición habilitante de la TD. La TD se asocia a la conectividad ubicua y al uso de las llamadas tecnologías digitales emergentes, como la computación en la nube, el *Big Data* y la analítica de datos, las redes sociales, el *blockchain*, la Internet de las Cosas (IoT), la novísima IoB (Internet de los Comportamientos), las plataformas móviles y la Inteligencia Artificial.
- La TD es un cambio cultural y, solo si así se entiende, podrá ejecutarse con éxito. Un cambio cultural significa un cambio en las formas de pensar y de hacer. Surgen nuevos modelos de negocio y nuevos modelos de actividad, distintos de cómo se hacían las cosas antes, cuyo eje integrador es lo digital. La actuación de las personas en los distintos ambientes –trabajo, escuela, casa, comunidad– cambia, diseñándose desde el paradigma digital.
- Y esto pone al ser humano en el centro del cambio: al cliente, al trabajador, al directivo, si estamos hablando de empresas, al estudiante, al profesor en los procesos docentes y al ciudadano, en su más amplia concepción, si estamos hablando de la sociedad. Los usuarios finales son protagonistas del cambio, no entes pasivos que reciben servicios y usan sistemas.
- Más que la competencia –y está claro que la TD es condición *sine qua non* de la competitividad de las entidades en el mundo actual– de lo que se trata, hacia dentro de cada organización, es de fomentar la colaboración. La TD es tarea de muchos, prácticamente tarea de todos, sea una entidad concreta o toda la sociedad, y esto no resiste silos separados, cantones que no se comuniquen. Siendo el conocimiento basado en los datos y la información el activo más importante de la entidad de que se trate, este conocimiento debe ser de acceso libre, de manera que pueda ser compartido por todos, usado por todos y que todos participen en su enriquecimiento.



De manera que, aunque no pretendamos un concepto acabado de la TD, podemos ir concluyendo, a partir de la discusión anterior, que la transformación digital es un cambio cultural, donde lo digital es el eje conductor que atraviesa transversalmente a toda la sociedad, disruptivo, inclusivo, continuo, generador de nuevas formas de hacer y de pensar, no solo en cuanto a los procesos tecnológicos, sino también en cuanto a las estructuras administrativas y los procedimientos de actuación.

¿Y sobre qué pilares se sustenta el edificio de la TD? También hay muchas respuestas para esta pregunta. Tratemos de dar una aproximación a las miradas más generalizadas.

En su *blog* [www.pedrosanabria.com](http://www.pedrosanabria.com), este consultor de negocios colombiano opina que transformar digitalmente a una empresa es «encontrar un nuevo valor diferencial que permita al negocio existir económicamente, siendo competitivo y agregando valor; que para ello se requiere de un liderazgo fuerte que conduzca al cambio» y, todo esto sustentado en tres pilares:

1. La transformación de la experiencia del cliente: comprender al cliente, conversar y encontrar puntos de contacto con él.
2. La transformación de los procesos productivos: digitalización de los procesos, colaboración en el espacio de trabajo y gestión del rendimiento.
3. La transformación del modelo de negocio: negocios modificados digitalmente y nuevos negocios esencialmente digitales, que consideren la globalización digital.

En el *blog* de la consultora mexicana Espacios Business Media, especializada en la evolución de los negocios en Internet, se plantean cuatro pilares de la TD (Escobar, 2017):

1. Optimizar las experiencias del cliente: entender qué es lo que necesita el consumidor actual en este entorno digital, para ofrecer experiencias que den soluciones reales a sus necesidades.
2. Mejorar la colaboración de los empleados: las empresas que capaciten, asistan y ofrezcan beneficios digitales a sus empleados, harán de ellos colaboradores más productivos y preparados para dar frente a los constantes cambios digitales que surgen con esta transformación.

3. Mejorar digitalmente sus productos y servicios: utilizar la tecnología para mejorar la oferta; poner los productos y servicios al alcance del cliente según ellos quieren, y si hacemos esto a través de aplicaciones o tecnología móviles, es más práctico para un cliente realizar la compra.
4. Enfoque en la mejora de los procesos de negocio: hacer más ágil la forma de trabajo, automatizar los procesos que se realizan de forma manual y analizar en detalles las áreas de oportunidad que pueden replantearse para crear nuevos flujos de trabajo.

Un trabajo más reciente (Eduardo, 2021), pospandemia COVID-19, propone seis pilares de la TD, basados en el II Estudio de Adopción de la Transformación Digital de InterNexa, en 2020, el cual concluyó que en ese año se experimentó un «empujón positivo» en la TD de la región de América Latina. Esos seis pilares son:

1. Mejorar la estrategia de repensar el negocio: la pandemia confirmó la necesidad de una estrategia flexible y adaptable a las nuevas circunstancias, así como ajustar los modelos de negocio de forma ágil.
2. Experiencia del cliente y del empleado: generar mejores experiencias para los clientes y empleados debe ser una prioridad para las empresas.
3. Datos: permiten conocer los clientes a fondo. Seguir y proyectar las variables más importantes del negocio para anticipar oportunidades o riesgos. Mejorar su aplicación y usos nos permitirá tomar mejores decisiones de negocio.
4. Liderazgo: es fundamental contar con líderes que están totalmente alineados a la TD, capaces de empoderarse y potenciar el éxito.
5. La cultura: este es un factor que cuesta mucho que las empresas prioricen.
6. Uso de herramientas digitales: contar con estos recursos es indispensable para el buen desarrollo del trabajo, más aún en la realidad actual, donde el trabajo remoto ha tomado un rol protagónico.

En Pesántez (2020) se reitera que, si bien las tecnologías emergentes constituyen uno de los pilares de la TD, solas no bastan. Y se listan otras cuatro «piezas necesarias para armar el rompecabezas»: «[...] Los procesos, el talento humano, el cliente y la cultura organizacional, son las fichas que encajan para descifrar el enigma que se ha creado alrededor de la transformación digital»:

1. Al hablar de procesos se refiere a pasar, en cada entidad, a la gestión por procesos:

Los paradigmas tradicionales son las barreras iniciales que deben romperse; la gestión por procesos es el intérprete al que le corresponde reemplazar la forma ortodoxa de manejar el día a día e indicadores de cada departamento [...] es insostenible tener estructuras tan pesadas y lentas para la toma de decisiones.

2. Sobre el talento humano, apunta:

La transformación digital trae consigo el reto de evolucionar digitalmente al talento humano que ostentan las compañías [...] Capacidad para evaluar, crear y compartir información, capacidad para relacionarse, cooperar y entender a colaboradores internos y clientes, capacidad para adoptar y aprender metodologías ágiles, capacidad de autoaprendizaje –todas en un contexto digital implícito–, son entre otras, el bagaje de desarrollo y conocimiento que debe ir permeando en el ADN de la corporación.

3. Subraya también lo ineludible de contar con la experiencia del cliente en la TD:

El cliente en este momento tiene más poder que nunca; esos tiempos donde el producto era el primordial actor ya pasaron, ahora con el empoderamiento y la interacción del consumidor se pueden establecer estrategias de marketing digital, donde se aproveche todo el tiempo que el comprador invierte en hablar de la marca, para crear espacios interactivos con inmediatez de servicio y captar información cuantitativa-cualitativa; y como consecuencia, de manera indirecta están ayudando a trabajar por la marca.

4. Por último, refiriéndose a la cultura organizacional, plantea:

Un grupo de personas influyentes y convencidas que los negocios se harán de manera diferente, deben sortear un alto grado de complejidad para que las cosas se den [...] la principal tarea de este conjunto de funcionarios es allanar el camino para que las barreras vayan derribándose de una en una, manejando un lenguaje permanentemente conciliador, pero exigente, fuerte y directo cuando el caso lo amerite.

Por otra parte, y moviéndonos hacia un importante sector de la Administración Pública, el de los servicios de Salud, en su trabajo «Los pilares de la transformación digital», Sampedro (2019) analiza que las tecnologías habilitadoras (*Big Data*, IoT, impresión 3D, *blockchain*, Inteligencia Artificial, etc.), son fundamentales, pero que los pilares de la TD no son solo tecnológicos, sino también organizativos (entendiendo como tales las personas y los roles que desempeñan), y que todo ello debe estar «[...] acompañado de fuertes dosis de gestión del cambio con el fin de poder avanzar a buen ritmo. Es precisamente este uno de los riesgos asociados a procesos de transformación que si bien se acometen de forma decidida no culminan con éxito, al no cuidar el aspecto cultural de las organizaciones».

No hay duda de que tres son las zonas donde se concentran los tales pilares: tecnología, organización (incluyendo estrategias y modelos de negocios) y personas. Vamos a tomar como referente, de nuevo, la taxonomía de la TD propuesta por Delgado (2020), que establece principios (cambio cultural, enfoque centrado en el usuario, hiperconectividad y colaboración) que son la base de la TD para los autores, sobre la cual se levantan los pilares, los que aquí se denominan «habilitadores»:

1. **Tecnologías:** incluye todas las tecnologías emergentes, como el *Big Data*, la IoT, la IA, la computación en la nube y la niebla, la realidad aumentada, la robótica, el *blockchain* y la ciberseguridad.
2. **Modelos de negocio:** que nos gustaría más llamar, para despojarlo un poco de cualquier connotación comercial, modelos de actividad, los nuevos esquemas de trabajo con esas tecnologías emergentes: nuevos servicios basados en datos, ecosistemas conectados, trazabilidad y gestión en tiempo real, segmentación basada en análisis de datos, flexibilidad y personalización, relaciones con el cliente mejoradas a partir de su experiencia, precios por uso, etcétera.
3. **Habilidades:** los conocimientos y las competencias que son imprescindibles para llevar adelante la TD. Aquí se relacionan cuerpos completos de conocimiento, como la ciencia de datos, pero también habilidades y capacidades como el pensamiento crítico, la escucha activa y la creatividad. De lo que se trata es de los cambios a nivel de individuos, sin los cuales no pueden asimilarse las nuevas tecnologías en los nuevos modelos de actividad que soportarán la TD.

Hasta aquí, un rápido examen a conceptos, principios, pilares. Ya tenemos puntos de partida para nuestro análisis. Vamos ahora a comenzar un viaje de análisis y aprendizaje, que nos conduzca a la deseada habilitación de la transformación digital de nuestra sociedad, de nuestra economía, de nuestra industria, todo para que nuestro pueblo, que tanto lo merece, tenga una vida mejor, plena y más feliz.

## Referencias bibliográficas

- Andriole, S. J.: “Five myths about digital transformation”. En *MIT Sloan Management Review*, (58:3), pp. 20-22, 2017.
- Berghaus, S. y Back, A.: “Stages in digital business transformation: Results of an empirical maturity study”, Mediterranean Conference of Information Systems, Cyprus, 2016.
- Delgado, T.: “Taxonomía de la Transformación Digital”. En *Revista Cubana de Transformación Digital*, Vol. 1, N° 1, enero-abril, pp. 4-23, La Habana, 2020.
- Demirkan, H., Spohrer, J. C., Welsler, J. J.: “Digital innovation and strategic transformation”. En *IT Professional*, (18:6), pp. 14-18, 2016.
- Eduardo, E.: *6 pilares de la Transformación Digital en 2021*. The Standard CIO, 8 de abril de 2021. Disponible en: <https://thestandardcio.com/2021/04/08/6-pilares-de-la-transformacion-digital-en-2021/>
- Escobar, C.: “Los 4 pilares de la transformación digital”. En *Marketing Digital, Espacios Business Media*, 2017. Disponible en: <https://www.espacios.media/los-cuatro-pilares-la-transformacion-digital/>
- Fitzgerald, M., Kruschwitz, N., Bonnet, D. & Welch, M.: “Embracing digital technology: A new strategic imperative”. En *MIT Sloan Management Review*, (55:2), pp. 1-12, 2014.
- Gebayew, Ch., Inkreswari, R. H., Goklas, H. A. P., Novianto, B. K. & Suhardi: “A Systematic Literature Review on Digital Transformation”. International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI), IEEE, pp. 260-265, Bandung-Padang, octubre, 2018.
- Haffke, I., Kalgovas, B. & Benlian, A.: “The transformative role of bimodal IT in an era of digital business”. Hawaii International Conference on System Sciences, Waikoloa Beach, HI, pp. 5460-5469, Hawaii, 2016.
- Liere-Netheler, K., Packmohr, S., and Vogelsang, K.: “Drivers of digital transformation in manufacturing”. Hawaii International Conference on System Sciences, Waikoloa Beach, HI, pp. 3926-3935, Hawaii, 2018.

- Morakanyane, R., Grace, A. A. & O'Reilly, P.: "Conceptualizing digital transformation in business organizations: A systematic review of literature". Bled eConference, Bled, pp. 427-444, University of Maribor, Slovenia, 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.18690/978-961-286-043-1.30>
- Palmer, M.: *Digital transformation vs. IT modernization: What's the difference?* Junio 7, 2021. Disponible en: [https://enterpriseproject.com/article/2021/6/digital-transformation-vs-it-modernization-whats-difference?utm\\_medium=email&utm\\_campaign=tepweekly&sc\\_cid=7013a000002wEXCAA2](https://enterpriseproject.com/article/2021/6/digital-transformation-vs-it-modernization-whats-difference?utm_medium=email&utm_campaign=tepweekly&sc_cid=7013a000002wEXCAA2)
- Pesántez, J. C.: Cinco pilares para la transformación digital. febrero, 2020. Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/cinco-pilares-para-la-transformaci%C3%B3n-digital-pes%C3%A1ntez-valdiviezo/?articleId=6638974019133599744>
- Ramiro, J. C.: *Transformación Digital, Transformación Digital Social y Transformación Tecnológica Social*. Ágora, septiembre 1, 2019. Disponible en <https://www.agorarsc.org/transformacion-digital-transformacion-digital-social-y-transformacion-tecnologica-social/>
- Sáez, J. M.: "El año de la transformación digital". *Revista ByteTI*, 245, enero, 2017. Disponible en: <http://www.revistabyte.es/tema-de-portada-byte-ti/ano-la-transformacion-digital/>
- Sampedro, Z.: "Los pilares de la transformación digital. I+S". *En Revista de la Sociedad Española de Informática y Salud*, ISSN 1579-8070, N° 135, pp. 6-7, España, 2019.
- Schallmo, D. y Williams, C. A.: "History of Digital Transformation". *En Digital transformation now!*, pp. 3-8, enero, 2018.
- Spaparani, J. & Prat, M. K.: *Transformación Digital*, 2021. Disponible en: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Transformacion-digital>
- Vial, G.: "Understanding digital transformation: A review and a research agenda". *En Journal of Strategic Information Systems*, Elsevier, 2019. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963868717302196MANUSCRIPTE388F83A08CDF1661F9784FACCBA3011>
- Westerman, G., Calmégane, C., Bonnet, D., Ferraris, P. & McAfee, A.: *Digital transformation: A roadmap for billion-dollar organizations*. MIT Center for Digital Business and Capgemini Consulting, pp. 1-68, 2011.
- Wikipedia: *Transformación digital*, 2021. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Transformaci%C3%B3n\\_digital](https://es.wikipedia.org/wiki/Transformaci%C3%B3n_digital). Consultado 11 de junio de 2021.

# Competencias para la transformación digital

YADARY C. ORTEGA GONZÁLEZ / MERCEDES DELGADO FERNÁNDEZ /  
TATIANA DELGADO FERNÁNDEZ

Las tecnologías están configurando un entorno digital que no es posible ignorar. Entre las tendencias tecnológicas se encuentran: los sistemas ciberfísicos que habilitan la Internet de las Cosas y el paradigma de Industria 4.0, los modelos y marcos de trabajo de arquitectura empresarial, las redes sociales, las tecnologías de movilidad y el *Big Data*, entre otras, que obligan a desarrollar un pensamiento de innovación con las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), para dar respuesta a las necesidades de la sociedad cubana planteadas en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030, bajo los principios de sostenibilidad y soberanía tecnológica, a tono con los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, y en conformidad con las políticas de informatización y automatización.

Desde el observatorio tecnológico de la Unión de Informáticos de Cuba se reporta la necesidad de gobernar la transformación digital en el país. Se argumenta que:

[...] trabajar en un modelo de gobernanza para asimilar la transformación digital en la sociedad cubana, asistiría a los tomadores de decisión durante la proyección estratégica, diseño e implementación de la transformación digital, con un enfoque sistémico [...] a entregar el mayor valor, con eficiencia y minimizando los riesgos (Delgado Fernández, 2018).

En tal modelo de gobernanza deben definirse competencias (Fernández Sanz, Gómez Pérez & Castillo Martínez, 2018),

que permitan analizar brechas y proyectar estrategias a varios niveles, para la asimilación gradual de la transformación digital (Kane, Palmer, Phillips, Kiron & Buckley, 2015), en función de la madurez de las instituciones y entidades, y orientados a los usuarios de la sociedad (Delgado Fernández, 2020; von Leipzig *et al.*, 2017). Paralelamente, y a tono con las buenas prácticas de la gestión por competencias, es necesario la definición de sistemas de indicadores y plataformas que permitan monitorear las competencias demostradas y el estado de cumplimiento de los objetivos de la transformación digital, que se definan a diferentes niveles decisorios.

Durante la presente investigación se han identificado varios estudios (Delgado Fernández, 2020; Ortega González, Blanco González, Cobiellas Herrera, Delgado Fernández & Pavón González, 2014; Ruiz Jhones, Ortega González, Hernández González, Del Prado Arza & Vidal Larramendi, 2018) que coinciden en afirmar que la falta de competencias y habilidades es una de las principales barreras para visionar y gestionar proyectos de transformación digital; lo mismo se ha constatado empíricamente por las autoras, en la acción de consultoría y capacitación a cuadros y especialistas en estas temáticas. Como resultado se reiteran mitos que constituyen creencias fuertemente arraigadas en estos recursos humanos:

- Invertir en las TIC es suficiente para la transformación digital.
- La informatización es lo mismo que la transformación digital.
- La existencia de algún sistema de información automatizado en la organización, por ejemplo: un sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*, por sus siglas en inglés) la convierte en una organización digital.
- Se puede enfrentar la transformación digital con métodos y estructuras tradicionales.
- Con personal TIC tan competente como hasta ahora es suficiente para llevar a cabo la transformación digital.
- La transformación digital puede ser liderada por el personal TIC.
- Los consumidores son entes pasivos ante la transformación digital.
- Para que haya transformación digital es suficiente con líderes y usuarios conocedores de las tecnologías.
- La transformación digital no es urgente, sobre todo en la industria tradicional que históricamente ha funcionado sin un uso intensivo de las TIC.



Para contribuir a cambiar tales creencias es necesario socializar referentes que estandarizan cuerpos de conocimiento para la definición de planes de estudio, así como sistemas de competencias de utilidad para la transformación digital. Es objetivo del presente capítulo exponer los resultados de la vigilancia realizada para identificarlos.

## **Transformación digital y competencias**

De manera acelerada, emergen tecnologías con la capacidad de habilitar modelos de negocio que implican un cambio radical en la propuesta de valor al cliente. Las impresoras 3D están entre las más disruptivas de estas tecnologías. Con el advenimiento de las impresoras 3D pueden ser eliminados muchos de los componentes de una cadena logística, encargada de la producción, el empaquetado, la distribución y la entrega del producto al cliente; basta con proveer al cliente los datos necesarios para obtener con la impresora el producto físico deseado.

Ello implica que el producto, desde su diseño, porta los datos para su producción utilizando la impresora. Además, si se habilita al cliente con los *software* para participar en el diseño del producto, entonces hay una experiencia digital que involucra al cliente en la creación colaborativa de su producto, siempre que tenga las competencias para co-crear. De esta manera se logra individualizar los productos a demanda, a tal escala, que hace posible la producción masiva personalizada.

La realidad aumentada es otra de estas tecnologías. Para su funcionamiento se requiere de dispositivos portátiles, que capturan automáticamente señales provenientes de sensores presentes en el entorno físico donde se realiza una acción. Lo mismo puede ser la visita a un museo o la construcción de una carretera, cuya acción sería ejecutada por un cliente, como en el caso del museo, o por el operario de una máquina, en el caso de la construcción. Con la realidad aumentada, ambos actores obtienen información más precisa del contexto, y pertinente a la acción, si tienen las habilidades para interactuar con la tecnología. Por lo tanto, significa una experiencia más eficaz para el cliente; para el operario, una innovación en su sistema de trabajo, al mejorar la interacción con el contexto sobre el que actúa. En este último caso se contribuye a disminuir riesgos laborales y optimizar el uso de recursos materiales, humanos y el tiempo, por consiguiente, se mejora la eficiencia y eficacia del trabajo.

Sirvan estos ejemplos para resaltar rasgos distintivos de la transformación digital. En primer lugar, la hibridación entre elementos del mundo físico y el mundo digital, permitiendo componer sistemas ciberfísicos. Estos sistemas ciberfísicos se pueden ubicar en el alcance reducido de una línea de producción, o más extendido al sistema logístico, o en el alcance mayor de una cadena global de valor. Mientras mayor sea el alcance, mayor conectividad se requiere, posibilitado por el uso de sensores que generan y consumen datos, y por la digitalización de estos datos, los que deben ser accesibles en cualquier momento y en cualquier lugar, para su procesamiento y análisis.

Es preciso tener capacidades tecnológicas y organizacionales para la captura, transmisión y análisis de un gran volumen de datos, lo que obliga a tener como infraestructura servicios en la nube y servidores virtualizados, entre otros elementos. Pero, sobre todo, se demandan competencias en los recursos humanos para la gestión y el análisis de los grandes volúmenes de datos que se generan.

El análisis de los datos hace posible tomar decisiones para la mejora de cualquier proceso en la cadena de valor: diseño, producción, logística interna y externa, marketing. Interesan, sobre todo, los datos del cliente y del uso del producto, para lograr la personalización masiva de los productos y añadir servicios proactivamente. Por lo tanto, deben implementarse plataformas seguras para el negocio electrónico que provean una mejor experiencia digital y capturen los conocimientos del cliente, con capacidades para predecir su comportamiento y necesidades.

El escenario descrito también pone retos significativos a las competencias para el diseño y la gestión de las organizaciones. Se debe pasar de un diseño con fuerte énfasis en procesos definidos y estandarizados, a una ingeniería organizacional con una base sólida en la gestión de los datos, usando ecosistemas digitales abiertos para la integración de flujos de información. Es una necesidad para habilitar las redes de valor más orientadas a los clientes.

Además, debe tenerse en cuenta que la transformación digital está cambiando la estructura del trabajo y que surgen nuevos roles. Estos, con independencia de las funciones que tengan en las organizaciones –de manera particular– y en la sociedad –en sentido general–, deben desarrollar competencias para resolver problemas complejos y colaborar. También es un requisito la capacidad de aprender permanentemente, para lo que deben proveérseles entornos y métodos de aprendizaje más personalizados (Colomé, 2018).

A manera de resumen, puede decirse que en una organización la transformación digital se manifiesta como una transformación esencial y profunda del negocio, y de las competencias de la organización, de los procesos y sus recursos humanos, lo que permite aprovechar las oportunidades y capacidades de sistemas ciberfísicos integrados en un entorno digital, para empoderar a empleados, involucrar a clientes, transformar productos/servicios y optimizar operaciones que impacten en la sociedad.

En este capítulo se adopta el término «competencia digital», como:

[...] conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes, estrategias y conciencia que se requieren al usar las TIC y los medios digitales para realizar tareas, resolver problemas, comunicar, gestionar la información, colaborar, crear y compartir contenido, y construir conocimiento de manera efectiva, eficiente, apropiada, crítica, creativa, autónoma, flexible, ética y reflexiva, para el trabajo, el ocio, la participación, el aprendizaje y la socialización (Ferrari, 2012).

En esa definición puede notarse que ser competente digitalmente requiere no solo de conocimientos técnicos o habilidades para el uso de una herramienta, o la interacción con las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Es preciso la formación intencionada y comprometida socialmente, que propicie la actuación en entornos digitales. Además, si se tiene en cuenta el acelerado ritmo de cambio de estas tecnologías, la naturaleza disruptiva de muchas de ellas y los riesgos que traen aparejadas, entonces ser competente en este ámbito también implica la adopción de estrategias para el aprendizaje a lo largo de la vida, en aras de aprovechar las oportunidades que representan para el desarrollo individual, organizacional y social.

La Organización para el Desarrollo y la Cooperación Económica (OECD) propone competencias imprescindibles para la transformación digital, entre ellas: la planificación del cambio, la comunicación intercultural y el trabajo en equipo. Otras, consideradas esenciales, son: la creatividad y la innovación. Desde el punto de vista técnico están: el análisis de datos, el desarrollo de *software* y la ciberseguridad.

Con vistas a explorar más intencionadamente los conocimientos y las competencias demandadas por la transformación digital, se ha llevado a cabo un ejercicio sistemático de vigilancia desde 2004.

## Vigilancia sobre conocimientos y competencias para la transformación digital

La vigilancia tiene el objetivo de identificar propuestas que sirvan como referentes, tanto para la formación profesional como para las funciones de la gestión del capital humano en las organizaciones, al igual que para la acción de gobierno asociada a la gestión de políticas públicas relacionadas con la transformación digital.

Obviamente, en la transformación digital los profesionales de las TIC tienen un papel preponderante. De ahí la importancia de identificar referentes dirigidos a ese gremio. Dada la diversidad de dominios de actuación de ese profesional, se creyó pertinente buscar no solo habilidades y competencias digitales genéricas, sino también aquellas que explícitamente se asocien a roles TIC. De hecho, la identificación de esos roles fue un objetivo de búsqueda, porque haría posible conducir investigaciones futuras para analizar la necesidad de ellos en el contexto cubano, y su presencia en el diseño de las organizaciones cubanas y en los planes de estudio.

Por otra parte, con independencia del rol que desempeñe un individuo en la sociedad, se requieren habilidades digitales básicas para vivir, aprender, participar e insertarse en un mundo digital. Tales habilidades fueron objeto de búsqueda, así como propuestas que indiquen cómo fomentar el desarrollo de estas a nivel social. También fue tenida en cuenta la necesidad de identificar competencias para liderar innovaciones con las TIC. Las propuestas estudiadas se relacionan en la tabla 2. De cada una se declara si identifica roles, si está orientado exclusivamente a profesionales TIC y si provee guías de uso. Se acompañan de unas observaciones a modo de breve caracterización.

TABLA 2. REFERENTES SOBRE COMPETENCIAS DIGITALES ESTUDIADOS

### N° 1

**Referente:** Guías de ACM-IEEE-AIS para cinco currículos relacionados con la computación.

**Enlace:** <https://www.acm.org/education/curricula-recommendations>

**Año:** 2005 / **Exclusivo para profesionales de las TIC:** Sí / **Roles:** Sí / **Guías de uso:** No

**Observaciones:** En 2005 se publica un informe general de una visión integrada, que estandariza guías para cinco currículos en el ámbito de la computación. Se identifican las áreas de conocimiento particulares y los puntos de contacto. Bajo sus pautas metodológicas se han propuesto recomendaciones específicas y detalladas para cada currículo. Las propuestas particulares han ido evolucionando. Desde el *link* que se provee se accede libremente

a las versiones actualizadas de cada uno. Los cinco programas se listan a continuación y entre paréntesis se indica la fecha de la versión más actualizada de las que aparecen documentadas en este sitio:

- Ciencias de la Computación (2013)
- Ingeniería de Computadoras (2016)
- Tecnologías de la Información (2017)
- Sistemas de Información (2010 para el pregrado y 2016 para el posgrado)
- Ingeniería de Software (2009 para el posgrado y 2014 para el pregrado)

Los siguientes referentes que se identifican con los números del 1.1 al 1.5 se asocian a este, a partir de la concepción integradora, adaptable y extensible, que se propone en este informe general.

### **Nº 1.1**

**Referente:** Guías curriculares en Ciberseguridad para programas posteriores al preuniversitario.

**Enlace:** <https://www.acm.org/education/curricula-recommendations>

**Año:** 2017 / **Exclusivo para profesionales de las TIC:** Sí / **Roles:** No / **Guías de uso:** No

**Observaciones:** Creado siguiendo los principios declarados en el reporte correspondiente a 2005 de ACM-IEEE-AIS (referente 1). Propone una estructura para la disciplina de ciberseguridad, a partir de la definición de siete áreas de conocimiento donde pueden darse las amenazas y requieren seguridad:

- Datos
- *Software*
- Componentes
- Sistemas
- Humanos
- Organizaciones
- Sociedad

Identifica conceptos transversales, como: confidencialidad, integridad, disponibilidad, riesgos, pensamiento de amenazas y pensamiento sistémico. De cada área de conocimiento se documentan contenidos esenciales y objetivos de aprendizaje.

**N° 1.2**

**Referente:** Modelo de competencia para programas de pregrado en Sistemas de Información

**Enlace:** <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/is2020.pdf>

**Año:** 2020 / **Exclusivo para profesionales de las TIC:** No / **Roles:** No / **Guías de uso:** Sí

**Observaciones:** Se basa en las guías curriculares señaladas en el referente 1, y en los antecedentes para el currículo de sistemas de información a nivel de pregrado y posgrado, propuesto en 2010 y 2016 respectivamente. Es una propuesta orientada a competencias y no a objetivos de aprendizaje. Propone 19 áreas de competencia agrupadas en seis grandes dominios: fundamentos de sistemas de información, datos, tecnología, desarrollo, dominio organizacional e integración.

**N° 1.3**

**Referente:** Estándar de Ciencias de la Computación para la educación general, desde preescolar hasta 12° grado.

**Enlace:** <https://www.csteachers.org/Page/standards>

**Año:** 2017 / **Exclusivo para profesionales de las TIC:** No / **Roles:** No / **Guías de uso:** No

**Observaciones:** Delinea objetivos de aprendizaje orientados a proveer una base en el ámbito de la computación, a todos los estudiantes desde el nivel primario y especialización, para aquellos que deseen estudiar carreras o profundizar conocimientos relacionados con las ciencias de la computación, en los niveles secundario y preuniversitario. Está dirigido a maestros, directivos escolares y decisores de políticas.

**N° 1.4**

**Referente:** Guías curriculares de ACM-IEEE-CS para seis currículos.

**Enlace:** <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3456302>

**Año:** 2020 / **Exclusivo para profesionales de las TIC:** Sí / **Roles:** Sí / **Guías de uso:** Sí

**Observaciones:** Versión actualizada de las guías curriculares propuestas en 2005 (referente 1). Adiciona el programa de ciberseguridad a los cinco programas propuestos con anterioridad. Adopta un modelo de competencia, evolucionando la visión del informe predecesor que estaba centrado en áreas de conocimiento. Se proponen 34 áreas de conocimiento, agrupadas en seis categorías:

- Usuarios y organizaciones
- Modelado de sistemas
- Infraestructura y arquitectura de sistemas
- Desarrollo de *software*

- Fundamentos de *software*
- *Hardware*

En la documentación de la competencia, además de los conocimientos y las habilidades, se describen las disposiciones para las tareas en un contexto. El escaque de disposiciones responde a «saber por qué», aspecto propio de las competencias para documentar valores, motivaciones, sentimientos y actitudes relacionados con el pensamiento computacional en un contexto. Por currículo, se realiza la propuesta inicial de competencias que se contabiliza a continuación: Ingeniería de Computadoras, 24; Ciencias de la Computación, 84; Sistemas de Información, 88; Tecnologías de la Información, 47; Ingeniería del *Software*, 56.

### Nº 1.5

**Referente:** Modelo de competencia de ACM, para el currículo de pregrado de Ciencia de los Datos.

**Enlace:** [https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/dstf\\_ccdsc2021.pdf](https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/dstf_ccdsc2021.pdf)

**Año:** 2021 / **Exclusivo para profesionales de las TIC:** Sí / **Roles:** No / **Guías de uso:** No

**Observaciones:** Se basa en el informe general de las guías curriculares relacionadas con la computación, que fueron actualizadas en 2020 (referente 1.4). El núcleo de la propuesta es el perfil de 11 áreas de conocimiento:

- Análisis y presentación
- Inteligencia Artificial
- Sistemas de *Big Data*
- Fundamentos de computadoras y computación
- Adquisición, gestión y gobierno de datos
- Minería de datos
- Privacidad, seguridad, integridad y análisis para la seguridad de datos
- Aprendizaje de máquina
- Profesionalismo
- Programación, estructura de datos y algoritmos
- Desarrollo y mantenimiento de software

A cada área de conocimiento se asocian competencias y subdominios (69 en total), con sus respectivos objetivos de aprendizaje y disposiciones para la realización de las tareas. Con independencia de la naturaleza interdisciplinar de la ciencia de los datos, se espera que un científico de los datos tenga sólidas bases en las ciencias de la computación, la matemática y la estadística.

**Nº 2**

**Referente:** e-Competence Framework v 3.0 (e-CF 3.0).

**Enlace:** <http://www.ecompetences.eu/>

**Año:** 2014 / **Exclusivo para profesionales de las TIC:** Sí / **Roles:** Sí / **Guías de uso:** Sí

**Observaciones:** En 2016 devino norma europea EN-162341, compuesta por cuatro partes:

- Parte 1: Marco conceptual
- Parte 2: Guía de usuario
- Parte 3: Fundamentos metodológicos de e-CF 3.0
- Parte 4: Compilación de 15 casos de estudio

Tuvo una actualización en 2019. Los fundamentos metodológicos se actualizaron en 2021.

**Nº 3**

**Referente:** Perfiles profesionales para roles TIC en Europa.

**Enlace:** <https://www.cen.eu/work/areas/ict/education/pages/ws-ict-skills.aspx>

**Año:** 2018 / **Exclusivo para profesionales de las TIC:** Sí / **Roles:** Sí / **Guías de uso:** Sí

**Observaciones:** Propone 30 roles asociados a macroprocesos TIC. Es un acuerdo desarrollado y suscrito por 25 entidades, entre asociaciones profesionales (e.g.: CEPIS, ATI) y líderes tecnológicos (e.g.: Microsoft), promovido por el Comité de Estandarización Europeo. No constituye una norma. La dimensión competencias que forma parte de los perfiles se toma del e-CF (referente 2). Está compuesto por cuatro partes:

- Parte 1: 30 perfiles TIC
- Parte 2: Guía de usuario
- Parte 3: Documentación metodológica
- Parte 4: Casos de estudio

Asocia los perfiles a los entregables que se generan en los macroprocesos.

**Nº 4**

**Referente:** Roles para el desarrollo de la web

**Enlace:** <https://www.skillprofiles.eu/>

**Año:** 2017 / **Exclusivo para profesionales de las TIC:** Sí / **Roles:** Sí / **Guías de uso:** No

**Observaciones:** Extiende e-CF 3.0 para proponer 25 roles para el desarrollo de la web y sus competencias asociadas. Entre ellos: gestor de la reputación, experto en realidad aumentada,



especialista en motores de búsqueda, especialista en seguridad en la web, especialista en contenido web, desarrollador de aplicaciones móviles, especialista en comercio electrónico, especialista en desarrollo de proyectos wiki y diseñador de la experiencia de usuario. Actualmente, su versión 2 es la norma italiana UNI 11621-3:2017.

## Nº 5

**Referente:** Cuerpo de conocimientos básico para profesionales de las TIC en Europa (EU-ICT BoK).

**Enlace:** [http://www..ecompetences.eu/eu\\_ict\\_bok/](http://www..ecompetences.eu/eu_ict_bok/)

**Año:** 2021 / **Exclusivo para profesionales de las TIC:** Sí / **Roles:** Sí / **Guías de uso:** Sí

**Observaciones:** Proyecto del Comité Europeo de Normalización, orientado a estandarizar las unidades de conocimiento relacionadas con las TIC. Es el resultado de la revisión de 24 cuerpos de conocimiento relacionados con las TIC (por ejemplo: *Software Engineering* –SWBoK v3.0– y *Project Management* –PM-BoK v6–), por lo que se encuentra en el estado del arte. La actual versión 2, en desarrollo, propone 43 áreas de conocimiento agrupadas en siete dominios:

- Conocimiento transversal
- Conocimiento sobre el comportamiento
- Arquitectura
- Redes
- *Software*
- Datos
- Negocio

Está en total correspondencia con los macroprocesos y las competencias declarados en e-CF 3.0 (referente 2) y los perfiles profesionales recogidos en el referente 3. En cada unidad de conocimiento se detalla la parte común a todos los profesionales TIC, la parte básica para una especialización y aquella que permite mayor profundización y experticia.

## Nº 6

**Referente:** Marco de trabajo de Competencias Digitales para Ciudadanos (DigComp 2.1)

**Enlace:** <https://ec.europa.eu/jrc/en/digcomp/digital-competence-framework>

**Año:** 2017 / **Exclusivo para profesionales de las TIC:** No / **Roles:** No / **Guías de uso:** Sí

**Observaciones:** Iniciativa de la Comisión Europea para Implementar la Política Relacionada con el Desarrollo y la Estandarización de Competencias Digitales. Su versión inicial fue

lanzada en 2013. Propone 21 competencias, agrupadas en cinco áreas. A continuación se mencionan esas áreas y ejemplos de competencias en cada una:

- Alfabetización informacional
  - \* Explorar, buscar y filtrar datos, información y contenidos digitales
  - \* Evaluar datos, información y contenidos digitales
- Colaboración y comunicación
  - \* Participación ciudadana a través de tecnologías digitales
  - \* Manejar la identidad digital
- Creación de contenidos digitales
  - \* *Copyright* y licencias
  - \* Programación
- Seguridad
  - \* Protección de dispositivos
  - \* Protección de datos personales y privacidad
- Resolución de problemas
  - \* Identificar brechas en las competencias digitales
  - \* Identificar necesidades y soluciones tecnológicas digitales

Para cada competencia se definen ocho dimensiones que van desde tareas básicas y tareas bien definidas, hasta resolución de problemas complejos. Los niveles se asocian al nivel de autonomía requerido para una tarea y a la complejidad cognitiva, según la taxonomía de Bloom (Redecker, 2017).

## Nº 6.1

**Referente:** Marco de trabajo de Competencias Digitales para Consumidores.

**Enlace:** <https://ec.europa.eu/jrc/en/digcomconsumers>

**Año:** 2017 / **Exclusivo para profesionales de las TIC:** No / **Roles:** No / **Guías de uso:** No

**Observaciones:** Basada en la propuesta orientada a ciudadanos (referente 6), se definen 14 competencias que permiten al consumidor funcionar de manera activa, segura y asertiva, en un mercado digital. Estas se agrupan en tres categorías correspondientes a la dinámica de la actividad de compra. Las categorías y ejemplos de competencias en cada una de ellas con algunos de los conocimientos asociados, aparecen a continuación:

- Antes de la compra
  - \* Evaluar y comparar información de bienes y servicios
  - \* Conocer sobre herramientas digitales que permitan comparar precios, productos y servicios.

- Compra
  - \* Gestionar pagos y finanzas a través de medios digitales
  - \* Conocer los riesgos relacionados con el uso de los servicios financieros digitales.
- Después de la compra
  - \* Compartir información con otros consumidores en el mercado digital
  - \* Entender que la información puede ser compartida anónimamente o a través de perfiles (Brečko & Ferrari, 2016)

## Nº 6.2

**Referente:** Marco de trabajo de Competencias Digitales para Educadores.

**Enlace:** <https://ec.europa.eu/jrc/en/digcompedu>

**Año:** 2017 / **Exclusivo para profesionales de las TIC:** No / **Roles:** No / **Guías de uso:** Sí

**Observaciones:** Propone 22 competencias específicas para educadores, con independencia del nivel de enseñanza y las necesidades educativas vocacionales, especiales y para edades adultas y en ambientes no formales de aprendizaje. Las competencias son agrupadas en seis áreas:

- Involucramiento profesional
- Recursos digitales
- Enseñanza y aprendizaje
- Evaluación
- Empoderamiento de estudiantes
- Facilitador de las competencias digitales de los estudiantes

Se definen actividades o áreas de actuación donde se manifiestan las competencias. Se establecen seis niveles de suficiencia para cada una de las competencias (Redecker, 2017).

## Caracterización de algunos de los referentes identificados

### Guías curriculares de la Association for Computing Machinery (ACM), Association for Information Systems (AIS) y la Computer Society de la IEEE (IEEE-CS) (referentes 1 y 1.4)

La ACM, la AIS y la IEEE-CS, en 2005, propusieron un informe general sobre las áreas de conocimiento asociadas a programas de pregrado para la Ingeniería de

Computadoras, las Ciencias de la Computación, los Sistemas de Información, las Tecnologías de la Información y la Ingeniería de *Software* (ACM, AIS, & IEEE-CS, 2005). El reporte se ha ido actualizando de manera independiente para cada programa. Los progresos hechos, que ya incluyen currículos para el posgrado en algunos casos, pueden monitorearse desde el enlace: <https://www.acm.org/education/curricula-recommendations>.

Lo novedoso de esta propuesta radica en el análisis de cuál es el aporte de cada área de conocimiento, al espacio de problemas que pueden ser resueltos por la computación. De ahí su valor para la determinación de competencias para la transformación digital.

La figura 2 muestra un esquema para clasificar esas áreas de conocimiento de acuerdo a dos dimensiones. El eje vertical va desde los conocimientos relacionados con el *hardware* y la arquitectura de computadoras, hasta los afines a aspectos organizacionales y tecnologías blandas para el funcionamiento de los sistemas de información. Por su parte, el eje horizontal va desde el nivel de conocimientos requerido para fundamentar teorías, principios o conceptualizar innovaciones radicales, hacia aquellos más aplicados, necesarios para resolver problemas prácticos en las organizaciones, integrando, desplegando o configurando aplicaciones.

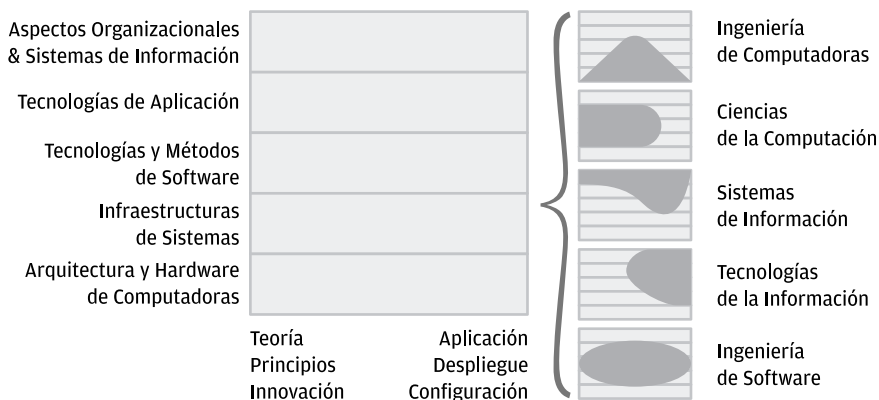


FIG. 2 ESQUEMA PARA CLASIFICAR LAS ÁREAS DE CONOCIMIENTO DE LAS GUÍAS CURRICULARES PROPUESTAS POR ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHINERY (ACM), ASSOCIATION FOR INFORMATION SYSTEMS (AIS) & COMPUTER SOCIETY (IEEE-CS) (2005) (FUENTE: WALRAD, 2016).

Al combinar ambos ejes se puede obtener, en el esquema, un área sombreada para cada uno de los cinco programas, lo que se representa a la derecha de la figura 2. Nótese el solapamiento entre los programas. Ello reafirma la necesidad de integrar estos conocimientos, mediante la conformación de equipos multidisciplinares, para que las organizaciones puedan ser competentes con el uso de la computación.

Por otra parte, la visión conjunta de todos los programas curriculares ayuda a alinear motivaciones personales con las necesidades de conocimiento, independientemente de las ofertas de planes de estudio que las satisfagan. De este modo es posible orientarse al desarrollo de competencias y no a la obtención de una titulación.

La figura 3 muestra un acercamiento al programa de Sistemas de Información. Es, de todos los programas, el que cubre los aspectos organizacionales, de negocio y técnicos para la gestión de los sistemas de información. En este programa, a nivel de pregrado, se proponen como objetivos y salidas, entre otros, la gestión de riesgos de tecnologías de la información y la mejora de los procesos organizacionales.

Particular énfasis se hace en el diseño y la gestión de las arquitecturas empresariales. Es una salida de la guía curricular en la que vale la pena detenerse por su importancia para la transformación digital. Para una mejor comprensión del valor del paradigma, se utiliza la definición de la consultora Gartner, que reconoce a la arquitectura empresarial como el enfoque que permite, de manera proactiva y holística, responder a las fuerzas disruptivas que obligan a identificar y liderar el cambio hacia la consecución de una nueva visión de la organización (Bernus *et al.*, 2016).

De la anterior definición se desprende la necesidad de ser ágil ante el cambio tecnológico acelerado. Es la respuesta adaptativa de los sistemas complejos –como las organizaciones–, para enfrentar la emergencia desarrollando de manera flexible cadenas de valor personalizadas, que capturen y fidelicen a los clientes y usuarios (Bondar, Hsu, Pfouga & Stjepandić, 2017). Por lo tanto, deben integrarse tecnologías y aplicaciones para desarrollar los ecosistemas que habilitan tales cadenas de valor. Precisamente, las arquitecturas empresariales permiten la concepción estratégica de una visión digital y el desarrollo de esos ecosistemas. Por tanto, la integración organizacional –a través de la gestión de arquitecturas empresariales– es una competencia que debe ser desarrollada en las organizaciones (Fleming, 2016).

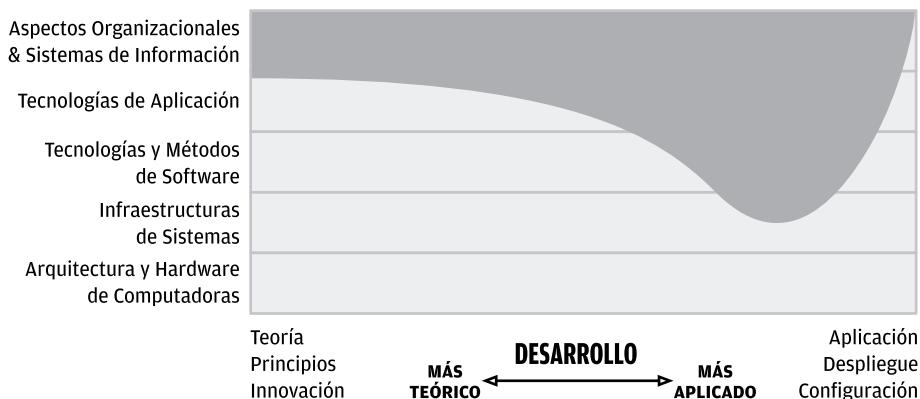


FIG. 3 ESQUEMA PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE CONOCIMIENTO EN EL PROGRAMA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN (FUENTE: ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHINERY, ET AL., 2005).

Los ejemplos mostrados de objetivos y salidas, son significativos para la formación de especialistas con capacidades para planear y gestionar proyectos de transformación digital, sobre todo si se tiene en cuenta que no hay transformación digital sin liderazgo (Sow, 2018).

En 2020, las guías curriculares fueron actualizadas (ACM & IEEE-CS, 2020), adicionando a los cinco programas esenciales que contenían las guías originales, propuestas para el programa de Ciberseguridad. En la figura 4 se muestra cómo este referente concibe la convergencia de los programas relacionados con la computación. El de Ciencia de los Datos queda planteado, pero no es desarrollado en este referente.

Según sus autores, la figura 4 representa tres niveles de impacto de la computación (fundamentos, tecnología y actividad de dominio) en interrelación con el *hardware*, el *software* y las necesidades organizacionales. Las áreas pespunteadas identifican estas interrelaciones, las que se intersecan, denotando que contienen áreas de conocimientos comunes (ACM & IEEE-CS, 2020).

El área correspondiente a las infraestructuras y plataformas de tecnologías de la información muestran la integración del *hardware* y el *software* en las soluciones tecnológicas que habilitan capacidades asociadas al almacenamiento, procesamiento y visualización de los datos, así como la Inteligencia Artificial. En esta intersección, los currículos de ingeniería de computadoras, ciencias de la

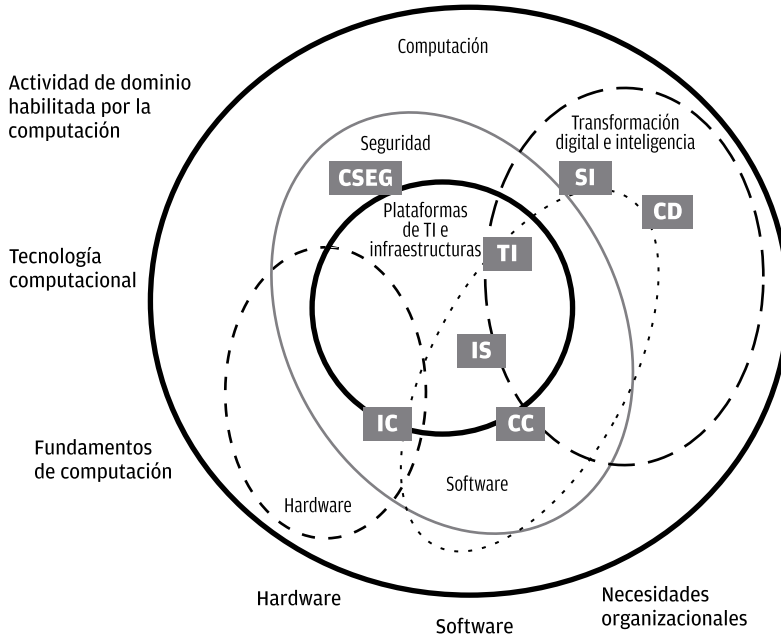


FIG. 4 CONVERGENCIA DE CURRÍCULOS EN EL ÁMBITO DE LA COMPUTACIÓN (FUENTE: ACM & IEEE-CS, 2020).

computación e ingeniería del *software* proveen los componentes que se requieren para las capacidades mencionadas. El área de conocimientos de tecnologías de la información se centra en habilitar esos componentes y su mantenimiento, tanto para individuos como para las organizaciones (ACM & IEEE-CS, 2020).

El área de inteligencia y transformación digital abarca la captura, la gestión y el análisis de datos, para permitir a individuos, organizaciones y sociedad, en sentido general, llevar a cabo sus actividades, de forma que se puedan alcanzar sus objetivos. El área de conocimiento de sistemas de información –y la ciencia de los datos– habilitan la inteligencia y la transformación digital (ACM & IEEE-CS, 2020). Por último, nótese como la seguridad abarca todo el espacio de la computación (ACM & IEEE-CS, 2020).

Un gran valor de las guías curriculares identificadas como los referentes 1 y 1.4, es el nivel de estructuración de los sistemas de conocimientos propuestos y su relación con objetivos de aprendizaje. Ello permite la inserción de estos

elementos en currículos para profesionales que no estén clasificados en el ámbito de las TIC, pero que incluyan contenidos relativos a la computación. Tal es el caso de las carreras de ciencias técnicas.

La versión actual de 2020 se orienta a competencias y establece los vínculos con las áreas de conocimientos y habilidades (figura 5). En total se proponen treinta y cuatro áreas de conocimiento.

Áreas de conocimiento en CC2005 no presentes en CC2020	Áreas de conocimiento en CC2020 no presentes en CC2005	Áreas de conocimiento significativamente cambiadas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniería en Sistemas de Computación</li> <li>• Negocio electrónico</li> <li>• Economía de la ingeniería para SW</li> <li>• Bases de ingeniería para software</li> <li>• Computación científica (métodos numéricos)</li> <li>• Administración de sistemas/ Soporte técnico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infraestructura de computación / Computación en la nube</li> <li>• Arquitectura empresarial</li> <li>• Internet de las cosas</li> <li>• Desarrollo basado en plataformas</li> <li>• Fundamentos de desarrollo de SW</li> <li>• Fundamentos de sistemas</li> <li>• Sistemas y servicios virtuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de Sistemas de Información –► Análisis y diseño de sistemas</li> <li>• Interacción persona-computadora</li> <li>• –► Diseño de experiencia de usuario</li> </ul>

FIG. 5 DIFERENCIAS EN ÁREAS DE CONOCIMIENTOS ENTRE LAS VERSIONES DE 2005 Y 2020 DE LAS GUÍAS CURRICULARES DE COMPUTACIÓN (FUENTE: TAKADA ET AL., 2020).

## Marco Europeo de Competencias para los profesionales de las TIC (referente 2)

El Comité Europeo para la Estandarización (CEN, por sus siglas en inglés) publicó e-CF en el sitio [www.ecompetences.eu](http://www.ecompetences.eu) (CEN, 2016). En 2014 fue emitida su versión 3.0. y en 2016 devino norma europea. Provee un vocabulario común a las competencias, las habilidades, los conocimientos y los niveles de experticia que se requieren, para cinco macroprocesos de las TIC. Forma parte de una estrategia a largo plazo, dirigida a cubrir la necesidad de trabajadores de este gremio para todos los sectores de la economía, así como a fomentar las habilidades digitales para la fuerza de trabajo involucrada en un contexto socioeconómico



digital (European Commission, 2017). Por tal motivo, la propuesta está orientada a gestores y especialistas de tecnologías de la información, a gestores de recursos humanos, y a decisores de políticas educacionales, de capacitación y de empleo. La norma se compone de cuatro partes: marco conceptual, guía de usuario, metodología y casos de uso.

Los cinco macroprocesos de negocios de las TIC son: planear, construir, ejecutar, habilitar y gestionar (figura 6).

Dimensión 1 5 áreas e-CF	Dimensión 2 41 competencias digitales identificadas	Dimensión 3 5 niveles de competencia en e-Competence				
		e-1	e-2	e-3	e-4	e-5
A. Planear	A.1. Alineación de sistemas de información y estrategia empresarial					
	A.2. Gestión del nivel de servicio					
	A.3. Desarrollo del plan de negocios					
	A.4. Planificación de productos / servicios					
	A.5. Diseño de la arquitectura					
	A.6. Diseño de aplicaciones					
	A.7. Monitoreo de tendencias tecnológicas					
	A.8. Desarrollo sostenible					
	A.9. Innovación					
	A.10. Experiencia de usuario					
B. Construir	B.1. Desarrollo de aplicaciones					
	B.2. Integración de componentes					
	B.3. Pruebas					
	B.4. Despliegue de soluciones					
	B.5. Producción de documentación					
	B.6. Ingeniería de Sistemas					
C. Ejecutar	C.1. Soporte al usuario					
	C.2. Soporte al cambio					
	C.3. Entrega de servicios					
	C.4. Gestión de problemas					
	C.5. Gestión de operaciones de sistemas					

Dimensión 1 5 áreas e-CF	Dimensión 2 41 competencias digitales identificadas	Dimensión 3 5 niveles de competencia en e-Competence				
		e-1	e-2	e-3	e-4	e-5
D. Habilitar	D.1. Desarrollo de la estrategia de seguridad de la información				■	■
	D.2. Desarrollo de estrategias de calidad de las TIC				■	■
	D.3. Provisión de educación y formación		■	■		
	D.4. Compras		■	■	■	
	D.5. Desarrollo de ventas		■	■	■	
	D.6. Mercadotecnia digital		■	■	■	
	D.7. Ciencia y analítica de datos		■	■	■	■
	D.8. Gestión de contratos		■	■	■	
	D.9. Desarrollo de personal		■	■	■	
	D.10. Gestión de la información y el conocimiento		■	■	■	■
	D.11. Identificación de necesidades		■	■	■	■
E. Gestionar	E.1. Desarrollo de pronósticos		■	■	■	■
	E.2. Gestión de portafolios y proyectos		■	■	■	■
	E.3. Gestión de riesgos		■	■	■	■
	E.4. Gestión de relaciones		■	■	■	■
	E.5. Mejora de procesos		■	■	■	■
	E.6. Gestión de la calidad de las TIC		■	■	■	■
	E.7. Gestión de cambios empresariales		■	■	■	■
	E.8. Gestión de la seguridad de la información		■	■	■	■
	E.9. Gobernanza de los sistemas de información		■	■	■	■

FIG. 6 COMPETENCIAS POR PROCESOS TIC EN E-COMPETENCE FRAMEWORK (FUENTE: CEN, 2020).

En esta última versión (2019) se proveen cuarenta y una competencias, que son de utilidad para el desarrollo, la operación y la gestión de proyectos y procesos de TIC. Igualmente, para la explotación y el uso de las tecnologías, tomar decisiones, desarrollar estrategias y prever nuevos escenarios mediados por las TIC.

Ejemplos de tales competencias, por cada una de los cinco procesos son: A.1, Alineación de estrategias de negocio y de sistemas de información; A.7, Monitoreo de tendencias tecnológicas; B.1, Desarrollo de aplicaciones; B.2, Integración de componentes; C.1, Soporte al usuario, C.2-Soporte al cambio, D.1-Desarrollo de estrategia de seguridad de la información, D., E.1-Desarrollo de pronósticos y E.2- Gestión de portafolios y proyectos.

Las competencias están en continua actualización, tanto para la mejora de las propuestas como para identificar nuevas. Por ejemplo, respecto a la versión de 2016, en la propuesta de 2019 surgen tres nuevas competencias: A.10, Experiencia de usuario; C.5, Gestión de sistemas y D.7, Ciencia y analítica de los datos. En esta versión de 2019 se adicionaron, además, siete competencias que constituyen aspectos transversales. Son: accesibilidad, ética, problemáticas legales de las TIC, privacidad, seguridad, sostenibilidad y usabilidad. De estas se define, en dependencia de diferentes contextos, si solo se requiere ser consciente de este aspecto o si se debe actuar con proactividad.

De cada competencia se documenta una descripción genérica y el nivel de experticia requerido para su adopción efectiva, considerando una escala de cinco niveles, así como ejemplos de conocimientos y habilidades. El grado de experticia está dado por cuatro parámetros. El primero establece la influencia de la competencia en el proceso TIC; el segundo parámetro asocia el nivel a la complejidad, siendo los niveles 4 y 5 los que se caracterizan por acciones no estructuradas e impredecibles, correspondientes a una baja estandarización; el tercero define el grado de autonomía, indicando, por ejemplo, que en el nivel 5 se demuestra gran independencia y liderazgo en contextos novedosos que requieren la resolución de problemas donde intervienen múltiples factores; el cuarto y último de los parámetros describe los comportamientos esperados, siendo muy importante para definir indicadores que permitan monitorear y evaluar el logro de los resultados que deben observarse al poseer la competencia.

En la tabla 3 puede observarse, a modo de ejemplo, la documentación de la competencia E.8 Gestión de la seguridad de la información.

Al aplicar el Marco Europeo de Cualificaciones (EQF, por sus siglas en inglés), e-CF es el primer espacio que posibilita la comunicación entre estudiantes, graduados, proveedores y empleadores. Así, estos actores pueden insertarse en un sistema de formación-capacitación que habilite el aprendizaje permanente y desarrollador de las competencias requeridas. Gracias a ello, y a la manera en que aparecen documentadas las competencias, se pueden establecer enlaces

TABLA 3. DOCUMENTACIÓN DE LA COMPETENCIA E.8. GESTIÓN DE LA SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN (FUENTE: CEN, 2020)

Dimensión 1 Área de la e-Competencia	E. GESTIONAR				
Dimensión 2 e-competencia: Título + descripción genérica	E.8. Gestión de la seguridad de la información Implementa la política de seguridad de la información y los sistemas, teniendo en cuenta las amenazas técnicas, humanas, organizativas y otras amenazas relevantes, de acuerdo con la estrategia empresarial y de TIC, reflejando la cultura de riesgo de la organización. Implementa y gestiona los recursos operativos y especializados (por ejemplo, análisis forense, inteligencia de amenazas y detección de intrusiones) necesarios para garantizar la capacidad de gestionar incidentes de seguridad y hace recomendaciones para la mejora continua de la política y la estrategia de seguridad.				
Dimensión 3 Niveles de dominio de la competencia e-1 a e-5, relacionados con los niveles 3 a 8 del EQF	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escanea de forma sistemática el entorno para identificar y definir vulnerabilidades y amenazas.</li> <li>• Registra y escala el incumplimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evalúa las medidas e indicadores de gestión de la seguridad y decide si cumple con la política de seguridad de la información. Investiga y aplica medidas correctivas para abordar cualquier brecha de seguridad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona liderazgo para la integridad, confidencialidad y disponibilidad de los datos almacenados en los sistemas de información y cumple con todos los requisitos legales</li> </ul>	-
Dimensión 4 Ejemplos de conocimientos (C) “Conocer/ ser consciente (cont)	C1: La política de gestión de seguridad de la organización y sus implicaciones para el compromiso con clientes, proveedores y subcontratistas				
	C2: Las mejores prácticas y estándares de gestión de seguridad de la información				

de/ estar familiarizado con”	C3: Los riesgos críticos para la gestión de seguridad de la información
	C4: El enfoque de auditoría interna de las TIC
	C5: Técnicas de detección de seguridad, incluyendo las móviles y digitales
	C6: Técnicas de ciberataques y contramedidas para evitarlos
	C7: Informática forense
Ejemplos de habilidades (S) “Ser capaz de”	S1: Documentar la política de gestión de seguridad de la información, vinculándola a la estrategia de negocio
	S2: Analizar los activos críticos de la compañía e identificar debilidades y vulnerabilidades para la intrusión o ataques
	S3: Establecer un plan de gestión de riesgos para alimentar y producir planes de acciones preventivas
	S4: Ejecutar auditorías de seguridad
	S5: Aplicar técnicas de monitoreo y pruebas
	S6: Establecer un plan de recuperación
	S7: Implementar un plan de recuperación en caso de crisis

entre el diseño de competencias a nivel organizacional y las requeridas a nivel individual para el puesto de trabajo, y entre las competencias individuales y las necesidades de capacitación (CEN, 2014). Igualmente, tiene puntos de integración con otras iniciativas u organizaciones en este ámbito de actuación, como SFIA y ESCO, por solo citar dos ejemplos.

Por último, es de interés resaltar que, como parte de e-CF 3.0, se han documentado quince casos de estudio que ejemplifican variedad de usos de este marco de referencia, los cuales muestran diferentes perspectivas y procesos de la gestión del capital humano para las TIC.

### **Perfiles profesionales para roles TIC en Europa (referente 3)**

Esta propuesta, en su versión actual publicada en 2018, reconoce 30 roles en el ámbito de los procesos de negocio de las TIC. Estos no deben confundirse

con los perfiles de cargo de los puestos de trabajo de una organización, sino que los alimenta. Los 30 roles se agrupan en siete subgrupos: mejora de procesos, negocio, técnico, diseño, desarrollo, operaciones y servicio, y apoyo (figura 7).



FIG. 7 AGRUPAMIENTO DE 30 ROLES DE LAS TIC, PROPUESTOS EN EL REFERENTE 3 (FUENTE: CEN, 2018A).

Con respecto a la versión anterior, en esta se adicionan siete nuevos roles como expresión de la evolución que han tenido las funciones relacionadas con la actividad de las TIC. Nótese entre estos la consideración al rol de líder de la transformación digital.

De cada rol se documenta una breve descripción, su misión, las tareas en las que interviene, los entregables o salidas que se producen como consecuencia de la actividad, y las áreas de resultado clave en las que impacta. Del entregable se especifica si el rol es encargado de su obtención, porque ejecuta la tarea (se corresponde con el término en inglés: *responsible*) quien rinde cuentas por ser su máximo responsable (se corresponde con el término en inglés: *accountable*), o el que contribuye de algún modo con el entregable, por sus capacidades y conocimientos (se corresponde con el término en inglés: *contributor*). Además, se identifican las competencias (y sus niveles) que son necesarias para llevar a cabo las tareas que producen los entregables. Las competencias son las propuestas en e-CF 3.0 (referente 2) (CEN, 2018a).

En las guías de uso se explicita una matriz que relaciona a los entregables con las competencias. Una segunda matriz muestra la relación entre entregables y roles, siguiendo el modelo RACI (siglas en inglés correspondientes a *responsible, accountable, contributor, informed*). De este modo, solo un rol es el máximo responsable del entregable, aunque pueda haber muchos que participen en su obtención directa o que contribuyan (CEN, 2018b).

Es preciso destacar la existencia de entregables, en los que el rol de máximo responsable o los ejecutores o contribuyentes no son roles TIC. A modo de ejemplo, se señala el entregable «plan del negocio», en el que, por razones obvias, el máximo responsable no es uno de los 30 roles documentados. En total se documentan 76 entregables asociados a los macroprocesos de las TIC (CEN, 2018b).

Debe notarse cómo esta estructura permite la integración de los roles al diseño organizacional, estableciendo puntos de alineación a nivel de organización, procesos y puestos de trabajo.

En el enlace: <https://ecfexplorer.itprofessionalism.org/explorer> se accede a un servicio de e-CF, que permite filtrar las competencias en función de los 30 roles TIC de esta propuesta.

En la tabla 3, ver el perfil del rol Arquitecto empresarial, y en la documentación del perfil, la alusión a la competencia E.8 Gestión de la seguridad de la información, mostrada anteriormente en la tabla 4.

TABLA 4. PERFIL DEL ROL ARQUITECTO EMPRESARIAL (FUENTE: CEN, 2020)

Título de perfil	Arquitecto Empresarial Rol (8)		
Declaración resumida	Diseña y mantiene la arquitectura holística de los procesos de negocio y los sistemas de información.		
Misión	Mantiene una perspectiva holística de la estrategia de la organización, procesos, información, seguridad y activos TIC. Vincula la misión, la estrategia y los procesos de negocio con la estrategia TI. Garantiza que las opciones de proyectos se integren de manera coherente, eficiente y sostenible de acuerdo con los estándares digitales de la empresa.		
Entregables	Rinde cuenta	Responsable	Contribuyente
	Arquitectura empresarial		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de negocios</li> <li>• Nueva solución y crítica</li> <li>• Propuesta de integración de proceso de negocio</li> <li>• Base de conocimientos o información</li> <li>• Definición de procesos de negocio</li> </ul>
Tareas principales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alinear las estrategias y la planificación digital y de las TIC con los objetivos de negocio de la organización.</li> <li>• Anticipar las necesidades futuras y planificar cómo la Arquitectura lo respaldará/habilitará.</li> <li>• Optimizar los procesos, las funciones, los procedimientos y los flujos de trabajo del negocio y aplicar un enfoque de implementación coherente.</li> <li>• Gestionar la participación de las partes interesadas en el desarrollo de nuevos procesos y sistemas y verificar la viabilidad.</li> <li>• Realizar revisiones posteriores a la implementación para evaluar los beneficios acumulados de los nuevos procesos y sistemas.</li> <li>• Construir y mantener estándares, modelos y principios de arquitectura empresarial, por ejemplo, mapeo de procesos.</li> <li>• Evaluar el impacto de los cambios dentro del ecosistema de la organización (incluido los políticos, técnicos, sociales, regulatorios, legales) en la arquitectura empresarial.</li> </ul>		
Competencias digitales (de e-CF)	A.1. Alineación del sistema de información y la estrategia empresarial.	Nivel 5	
	A.3. Desarrollo de plan de negocio	Nivel 4	
	A.5. Diseño de la arquitectura	Nivel 4	
	A.7. Monitoreo de tendencias tecnológicas	Nivel 5	
	E.8. Gestión de la seguridad de la información	Nivel 3	
área de KPI	Calidad y coherencia de la arquitectura empresarial alineada con los objetivos de negocio.		



## Propuesta de implementación/adopción de estas normas y buenas prácticas en Cuba

Sin pretender ofrecer una metodología prescriptiva en el contexto cubano –conllevaría un estudio minucioso de este, lo cual no está incluido en el alcance del capítulo–, se ofrecen algunas líneas de acción que podrían apoyar la implementación/adopción de algunas de estas normativas y buenas prácticas, sobre competencias y sistemas de conocimiento asociados a la transformación digital:

1. Una línea interesante pudiera ser diagnosticar las actuales competencias TIC, empezando por la propia industria cubana del *software*. Esto permitiría analizar las brechas respecto a los referentes estudiados y proyectar estratégicamente la gestión de la adopción de tales referentes donde sea necesario y factible, a nivel de perfiles y roles TIC en tales empresas.
2. Proyectar nuevos currículos en las carreras profesionales de las TIC, impulsados por la emergencia que suponen las nuevas tecnologías de la transformación digital, guiados por las más recientes guías desarrolladas en los marcos de referencia estudiados. Un ejemplo anticipado de esta línea de acción lo constituye la recientemente aprobada carrera de Ciencia de los Datos, en la Universidad de La Habana, cuyo perfil está concebido en el marco europeo de familias de perfiles.
3. Proponer nuevas normativas técnicas en Cuba para las competencias profesionales de la transformación digital, adoptando/adaptando las mejores prácticas internacionales y los casos de estudio exitosos en el contexto cubano.
4. Para la Unión de Informáticos de Cuba –como organización social cuyo cometido es integrar a los profesionales TIC (o más bien a todos los profesionales del ámbito de la transformación digital) y ofrecerles mecanismos transversales de gestión del talento–, este estudio podría nutrir sus plataformas en la funcionalidad «¿Quién sabe qué?», con la ventaja de que nuestros profesionales tendrían homologadas sus competencias con las mejores prácticas internacionales.

### Algunas reflexiones finales

- La transformación digital es ineludible, porque responde a fuerzas de cambio tecnológicas que comprometen el desarrollo sostenible de la sociedad contemporánea. A la par de la habilitación tecnológica, debe gestionarse el

talento humano, para lo que resulta imprescindible definir las competencias laborales que permitan el desarrollo gradual hacia la transformación digital. Por lo tanto, a tono con las buenas prácticas de la gestión de las organizaciones, la transformación digital requiere una nueva arquitectura de competencias que garantice la alineación entre las competencias organizacionales, las competencias de procesos y las competencias de los puestos de trabajo. Debe tenerse en cuenta que, al ser un proceso de cambio permanente, la transformación digital requiere percepción sistemática de su necesidad y proyección de estrategias al corto, mediano y largo plazos, para actuar desde múltiples dimensiones. En este sentido, centrarse solo en formar recursos humanos, sin desarrollar la organización digitalmente competente, no es viable.

- El ejercicio de vigilancia realizado permitió identificar fuentes de información que deben estudiarse, ya que sirven de referencia para la gestión del capital humano, la ingeniería organizacional y el desarrollo de políticas públicas relacionadas con la transformación digital. En este capítulo se han reseñado características significativas de algunas.
- Se socializan las características de los principales referentes encontrados, resaltando su valor para la evaluación de brechas, la proyección de planes de estudio y el establecimiento de estrategias para la gestión del capital humano, como parte de la transformación digital.

## Referencias bibliográficas

- ACM, AIS & IEEE-CS: *Computing Curricula 2005: The Overview Report*. ISBN: 1-59593-359-X, 2005.
- ACM & IEEE-CS: *Computing Curricula 2020*. Paradigms for Global Computing Education encompassing undergraduate programs in Computer Engineering, Computer Science, Cybersecurity, Information Systems, Information Technology, Software Engineering, with data science. 2020. Disponible en: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3456302>
- ACM, AIS & IEEE-CS: *Computing Curricula 2005: The Overview Report*, 2005.
- Bernus, P., Goranson, T., Götze, J., Jensen-Waud, A., Kandjanie, H., Molina, A. & Turner, P.: *Enterprise information systems state of the art: past, present and future trends*. Computers in Industry, 67, pp. 1-17, 2016.
- Bondar, S., Hsu, J. C., Pfouga, A. & Stjepandi, J.: "Agile digitale transformation of enterprise architecture models in engineering collaborati". Procedia

- Manufacturing, 11, 27<sup>th</sup> International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, pp. 1343-1350, 2017.
- Bre ko, B. & Ferrari, A.: *The Digital Competence Framework for Consumers*. Joint Research Centre Science for Policy Report, EUR 28133, En V. R. & Y. Punie (Eds.), 2016.
- CEN: *European e-Competence Framework 3.0*, Vol. CWA 16234, Part 3, p. 44, 2014.
- CEN: *European e-Competence Framework 3.0*, Vol. CWA 16234, Part 1, p. 53, 2016.
- CEN: *European ICT professionals role profiles*, Part 1:30 ICT profiles, Vol. CWA 16458-1 E, p. 44, 2018(a).
- CEN: *European ICT professionals role profiles*, Part 2: Guías de usuario, Vol. CWA 16458-1 E, p. 44, 2018(b).
- CEN: *e-Competence framework (e-CF)-A common European Framework for ICT Professionals in all sectors*, Part 3: Methodology, CEN/TC 428, prEN 16234-3, 2020.
- Delgado-Fernández, T.: *Transformación digital: un bosquejo introductorio*. La Habana, 2018. Disponible en: <https://nube.uic.cu/index.php/s/qTM5WbED-MRytrb3/download?path=%2F&files=OT-UIC-%200012018%20Transformaci%C3%B3n%20Digital%20FINAL.pdf>
- Delgado-Fernández, T.: “Taxonomía de transformación digital”. En *Revista Cubana de Transformación Digital*, 1, enero-abril, pp. 4-23, La Habana, 2020.
- European Comission: *The Digital Skills and Jobs Coalition*, 2017. Disponible en: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-skills-jobs-coalition>:
- Fernández-Sanz, L., Gómez-Pérez, J. & Castillo-Martinez, A.: *Analysis of the European ICT Competence Frameworks*. V. Ahuja & S. Rathore (Eds.), Multidisciplinary Perspectives on Human Capital and Information Technology Professionals, pp. 225-245, IGI Global, Chicago, 2018.
- Ferrari, A.: *Digital Competence in Practice: An Analysis of Frameworks*, 2012. Disponible en: <http://www.jrc.ec.europa.eu>
- Fleming, M.: *Integration is a core competency of digital transformation*, 2016.
- Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D. & Buckley, N.: “Strategy, Not Technology, Drives Digital Transformation”. En *MIT Sloan Management Review and Deloitte University Press*, pp. 3-16, July, 2015.
- Ortega-González, Y. C., Blanco-González, J., Cobiellas-Herrera, L. M., Delgado-Fernández, M. & Pavón-González, Y.: “Diagnóstico del conocimiento ontológico de una comunidad de práctica en el dominio de los sistemas de información”. En *Ingeniería Industrial*, XXXV(1), pp. 60-73, 2014.

- Redecker, C.: *European Framework for the Digital Competence of Educators*, DigCompEdu In Y. Punie (Ed.), Luxembourg, 2017.
- Ruiz-Jhones, A., Ortega-González, Y. C., Hernández-González, A., del Prado-Arza, N. & Vidal-Larramendi, J.: Capital humano y capacitación. In T. Delgado-Fernández & A. Febles-Estrada (Eds.), *Cibersociedad. Soñando y Actuando*, pp. 205-222, Ediciones Futuro, La Habana, 2018.
- Sow, M.: “Impact of Leadership on Digital Transformation”. En *Business and Economic Research*, 8, pp. 139-148, 2018.
- Takada, S., Cuadros-Vargas, E., Impagliazzo, J., Gordon, S., Marshall, L., Topi, H. & Waguespack, L.: “Toward the visual understanding of computing curricula”. En *Education and Information Technologies*, 25, pp. 4231-4270, 2020.
- Von Leipzig, T., Gampa, M., Manza, D., Schöttlea, K., Ohlhausen, P., Oosthuizenb, G. & Von Leipzig, K.: “Initialising customer-orientated digital transformation in enterprise”. En *Procedia Manufacturing*, 8, pp. 517-524, 2017.
- Walrad, C. C.: “The IEEE Computer Society and ACM’s Collaboration on Computing Education”. En *Computer*, 49(3), pp. 88-91, 2016.

# Confluencia de habilitadores y disruptores tecnológicos de la transformación digital

TATIANA DELGADO FERNÁNDEZ / MIGUEL KATRIB MORA /  
RAFAEL E. BELLO PÉREZ / ALEJANDRO ROSETE SUÁREZ

Las nuevas tecnologías están transformando el comportamiento humano y todas las esferas de la sociedad moderna. Entender la transformación digital conlleva un análisis de la naturaleza de las tecnologías que la habilitan y de la inherente disrupción que traen consigo. Los niveles de aceleración de la transformación digital, agudizados con la pandemia COVID-19, son tales que, según el Foro Económico Mundial (World Economic Forum, 2020), en unos años es posible que el término «transformación digital»<sup>2</sup> se vuelva irrelevante; los negocios no digitales simplemente no existirán.

Durante años se han hecho populares algunos pilares tecnológicos de la transformación digital (Sebastian, *et al.*, 2017) (Vial, 2019), entre los que se encuentran las tecnologías que dinamizan lo social, las analíticas soportadas en Inteligencia Artificial (IA) y las tecnologías móviles, la nube e Internet de las Cosas (IoT). Lo más notable es la relevancia de la combinación de tecnologías en el contexto de la transformación digital (Vial, 2019) (Bharadwaj, A., Pavlou & Venkatraman, 2013). Por otra parte, la capacidad de disrupción de las tecnologías digitales

---

<sup>2</sup> Aunque traducida literalmente de la fuente, los autores prefieren darle en este caso la semántica de digitalización, más que de transformación digital, porque el propio término «transformación digital» conlleva una evolución constante que no debe extinguirse, sino apropiarse de los nuevos avances de las tecnologías digitales.

ha estado presente en múltiples análisis (Vial, 2019) (Deloitte, 2020) (McKinsey, 2018), constituyendo los principales disruptores: el comportamiento del consumidor, la disponibilidad de los datos y la distribución de la computación como servicio (Vial, 2019) (Gartner, 2020).

Este capítulo pretende poner de relieve los principales habilitadores y disruptores tecnológicos de la transformación digital, resaltando la importancia de la confluencia de las tecnologías digitales para reforzar su carácter transformador. Ejemplos que ilustran la importancia de esta confluencia en la TD, son los que combinan *Big Data*, IA, robótica, *blockchain*, IoT, entre otras tecnologías. Particularmente, se destacan casos de estudio de los ecosistemas tecnológicos siguientes: gemelos digitales, ciudades inteligentes e Industria 4.0.

## **Habilitadores tecnológicos de la transformación digital**

Las tecnologías que se distinguen como habilitadoras de la transformación digital son la computación en la nube, el *Big Data*, la Inteligencia Artificial, el Internet de las Cosas (IoT), la robótica colaborativa, la impresión 3D y las cadenas de bloque (*blockchain*) (Delgado, 2020) (Vidal, 2019).

Una encuesta de McKinsey Company (2018) mostró las principales tecnologías digitales, herramientas y métodos, que están haciendo una diferencia en las organizaciones exitosas en transformación digital. En la figura 8 se observa este comportamiento, resaltándose en gris oscuro las respuestas de las empresas con transformaciones exitosas, mientras en azul claro se muestran los que responden desde empresas que no se han distinguido por ser exitosas en su camino a la transformación digital.

Además de las tecnologías de la web que ya son tradicionales y forman parte del desempeño de las organizaciones en la actualidad, la adopción de nuevas tecnologías habilitadoras está jugando un rol importante en la transformación digital. En esta encuesta se destacan los servicios basados en la nube, las tecnologías móviles, el *Big Data* y la Internet de las Cosas, seguidos de las herramientas de Inteligencia Artificial y la robótica, y con menos incidencia, por su especificidad, aparecen la realidad aumentada y la impresión 3D.

Los servicios basados en la nube se están convirtiendo en tecnologías imprescindibles para muchas organizaciones. El 90 % de las organizaciones usaban servicios basados en la nube (Deloitte, 2020).

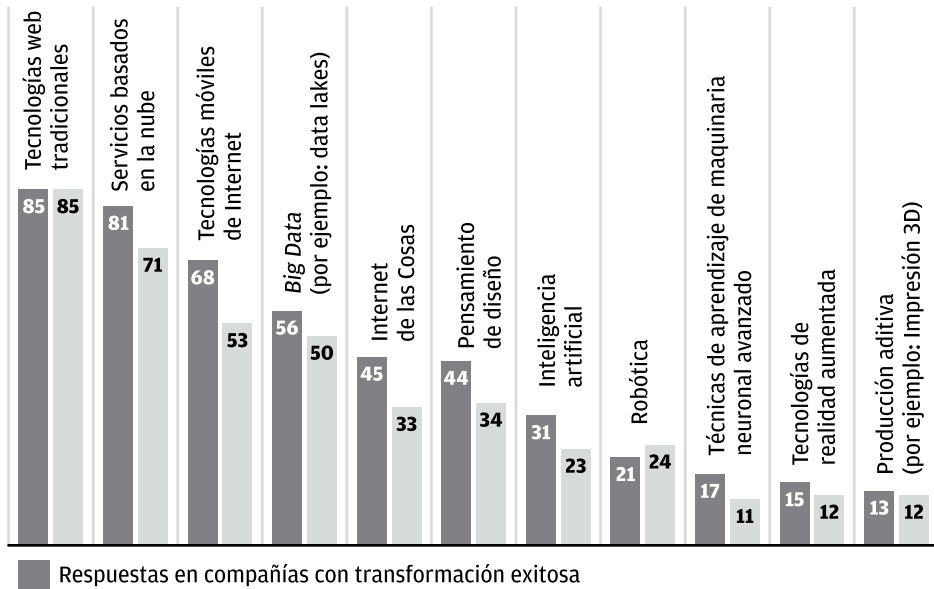


FIG. 8 TECNOLOGÍAS DIGITALES, MÉTODOS Y HERRAMIENTAS ACTUALMENTE EN USO POR ORGANIZACIONES (MCKINSEY, 2018).

Como consecuencia de la crisis sanitaria por la COVID-19 y el aislamiento que trajo asociado, los servicios en la nube se están acelerando a niveles aún mayores. Por su parte, las tecnologías móviles marchan a un ritmo acelerado y se observa una distinción en las respuestas de las empresas exitosas en transformación digital sobre el resto de los encuestados.

Otra tecnología exitosa resulta ser Internet de las Cosas (IoT), bien distinguida entre los que respondieron desde las experiencias exitosas, la cual está evolucionando rápidamente e influenciando nuevos desarrollos en varios dominios de aplicaciones y desplegando desafíos en diferentes áreas, como son: integración de plataformas, integración de redes cognitivas basadas en contexto, nuevos paradigmas de redes de sensores/actuadores móviles e identificación y descubrimiento de cosas dinámicas, entre otras (Vermesan, Bröring, Tragos, Serrano & Bacciu, 2017).

Las herramientas de Inteligencia Artificial, junto con los modelos de aprendizaje profundos y el *Big Data* (analíticas), caben analizarse en la encuesta

de McKinsey, ya que forman parte de la misma gran familia de la Inteligencia Artificial, la cual aporta métodos para la construcción de nuevas tecnologías destinadas al procesamiento de la información, que incluyen la capacidad de aprender y razonar, lo que les permite desarrollar tareas cognitivas con variado grado de autonomía. Para ello se basan en la representación del conocimiento del dominio de aplicación y su explotación, mediante diferentes mecanismos de búsqueda. Estos sistemas basados en IA pueden formar parte de diferentes sistemas ciberfísicos, incluyendo los robóticos y la IoT.

El caso de la robótica en las empresas exitosas queda por debajo de las que no lo son. No están explicadas las causas de ello en este estudio, realizado antes de la pandemia que azota la humanidad desde 2020. Más adelante se verá que la COVID-19 tuvo un efecto reactivador para la robótica, particularmente, en la industria.

De acuerdo con Deloitte (2020), dado que la expansión sin precedentes de la innovación orientada-por-tecnología alimenta una competitividad aplastante,<sup>3</sup> la capacidad de la organización para explotar la tecnología para su ventaja determinará su sobrevivencia. Los líderes de todos los sectores en el mundo están elevando la tecnología a una prioridad estratégica del negocio.

La experiencia digital, las analíticas y la nube, como tecnologías de facilitación, han probado su valor en la última década (Deloitte, 2020). Ellas son la base de numerosas estrategias corporativas exitosas y de nuevos modelos de negocio.

La experiencia digital continúa siendo un orientador crítico de la transformación de la empresa. Las organizaciones están prescindiendo de la noción tradicional de mercadeo centrado-en-la-adquisición de clientes, centrándose en lugar de ello en crear interacciones más centradas-en-lo-humano, incluyendo sus propios empleados y socios de negocio.

Las analíticas encierran capacidades y herramientas fundamentales que generan perspectivas poderosas, sobre todo en presencia de datos complejos (*Big Data*), cuya complejidad está dada, porque suelen ser voluminosos, variables y se generan muy velozmente, demandando a su vez respuestas cercanas al tiempo real. La administración de datos, el gobierno de datos y la arquitectura de apoyo, son problemas viejos que no solo son pilares críticos para los

---

<sup>3</sup> Deloitte en un artículo (2020) lo compara con un juego denominado *whack-a-mole* o juego de arca-da, en el cual los jugadores usan un mazo para golpear topos de juguete que aparecen al azar.



programas de Inteligencia Artificial (IA), sino que son preocupaciones tácticas cuando las organizaciones trabajan en un entorno regulatorio dinámico y complejo (Deloitte, 2020). El análisis y la ciencia de los datos es fundamental en la transformación digital. En una economía digital las organizaciones tienen que invertir en varios recursos asociados a los datos y a sus analíticas (Pappas, Mikalef, Giannakos, Krogstie & Lekakos, 2018). Extraer el verdadero valor de esa amplia gama de datos veloces y variables es el objetivo que hace de *Big Data* una tecnología imprescindible en el mundo moderno. Las analíticas *Big Data* e Inteligencia Artificial se emplean para obtener ese valor (Delgado, 2020).

La computación en la nube es una tecnología habilitadora básica de la transformación digital. Por su importancia clave en los nuevos ecosistemas digitales, está forzando a las organizaciones a proveer nuevos modelos de negocio, por ejemplo, el pago por uso (*pay-as-you-go*). Además de la eficiencia en costos, la computación en la nube proporciona a las organizaciones un almacenamiento casi ilimitado, rápido despliegue de soluciones, capacidad de salvos y recuperación, y mayor facilidad para el escalado de servicios, así como la posibilidad de entregar nuevos servicios.

El uso de la nube, extendiéndose más allá de la infraestructura, ha dado origen a todo-como-un-servicio, facilitando que cualquier función de tecnología de información se vuelva un servicio basado en la nube para el consumo de las organizaciones (Deloitte, 2020).

La computación en la nube se ha ido acercando cada vez más a la red de dispositivos IoT, surgiendo una capa intermedia que se ha dado en llamar computación en la niebla, la cual se ha ido popularizando, porque reduce el tráfico en la red y la latencia, lo cual se hace particularmente útil en aplicaciones que requieren procesamiento en tiempo real (Tárano, Delgado & Pérez, 2018). La llamada «computación en el borde» esencialmente está acercando la computación al lugar donde se generan los datos, es decir, más cerca de las redes de dispositivos IoT. En 2021 surgen nuevos modelos de negocio que facilitan el despliegue de la computación en el borde que, junto a los esfuerzos de las plataformas en la nube para competir, la Inteligencia Artificial y la 5G, facilitan la expansión de los casos de uso de la computación en el borde (*edgecomputing*).

Si bien las nubes públicas desempeñarán un papel, Forrester (2020) no considera que dominarán, ya que su cultura se basa en centros de datos masivos y un estricto control de la arquitectura, exactamente lo contrario de lo que las empresas necesitan para atender a los clientes localmente.

Según informe de Gartner (2020), las tendencias tecnológicas para 2021 (tabla 5) se pueden agrupar en tres temas que reflejan claramente las lecciones que está dejando la COVID-19:

- **Centrado en las personas:** a pesar de que la pandemia está cambiando la cantidad de personas que trabajan e interactúan con las organizaciones, las personas siguen estando en el centro de los negocios y necesitan procesos digitalizados para funcionar en el entorno actual.
- **Independencia de ubicación:** COVID-19 ha cambiado el lugar donde existen físicamente empleados, clientes, proveedores y ecosistemas organizacionales. La independencia de la ubicación requiere un cambio tecnológico para respaldar esta nueva versión del negocio.
- **Entrega resiliente:** ya sea una pandemia o una recesión, existe volatilidad en el mundo. Las organizaciones que están preparadas para pivotar y adaptarse resistirán todo tipo de interrupciones.

TABLA 5. TENDENCIAS TECNOLÓGICAS DE GARTNER PARA 2021  
(FUENTE: ADAPTADO DE GARTNER, 2016)

<b>Centrado en las personas</b>
<p><b>Tendencia 1: Internet de los comportamientos</b></p> <p>Cuando hablamos de IoB (<i>Internet of Behavior</i>) nos referimos al uso de datos para cambiar comportamientos, información que puede usarse para influir en los comportamientos a través de circuitos de retroalimentación. IoB puede recopilar, combinar y procesar datos de muchas fuentes, entre ellas: datos comerciales de clientes, medios de comunicación social, despliegues de dominio público de reconocimiento facial y seguimiento de ubicación. La creciente sofisticación de la tecnología que procesa estos datos ha permitido que esta tendencia crezca. IoB tiene implicaciones éticas y sociales según los objetivos y resultados de los usos individuales.</p>
<p><b>Tendencia 2: Experiencia total</b></p> <p>La experiencia total combina multiexperiencia, experiencia del cliente, experiencia del empleado y experiencia del usuario para transformar el resultado empresarial. Vincular estrechamente estas experiencias, en lugar de mejorar individualmente cada una en un silo, diferencia a una empresa de su competencia de una manera que es difícil de replicar, lo que crea una ventaja competitiva sostenible. Esta tendencia permite a las organizaciones capitalizar los agentes de cambio que han emergido con la COVID-19, incluidos el trabajo remoto, los clientes móviles, virtuales y distribuidos</p>

### Tendencia 3: Computación que mejora la privacidad

La computación que mejora la privacidad presenta tres caminos tecnológicos que protegen los datos mientras se utilizan. El primero proporciona un entorno de confianza en el que se pueden procesar o analizar datos sensibles. El segundo realiza el procesamiento y análisis de forma descentralizada.

El tercero cifra los datos y los algoritmos antes del procesamiento o análisis. Este enfoque está diseñado específicamente para la creciente necesidad de compartir datos mientras se mantiene la privacidad o la seguridad.

### Independencia de ubicación

#### Tendencia 4: Nube distribuida

Los servicios en la nube se distribuyen a diferentes ubicaciones físicas, aunque el funcionamiento, la gobernanza y la evolución siguen siendo responsabilidad del proveedor de la nube pública.

Permitir que las organizaciones tengan estos servicios físicamente más cerca ayuda en escenarios de baja latencia, reduce los costos de datos y ayuda a acomodar las leyes que dictan que los datos deben permanecer en un área geográfica específica.

De este modo, también se benefician de la nube pública y no administran su propia nube privada, que puede ser costosa y compleja. La nube distribuida es el futuro de la nube.

#### Tendencia 5: Operaciones en cualquier lugar

En esencia, este modelo operativo debe permitir el acceso de clientes, empleadores y socios comerciales que operan en entornos remotos. Pero es importante contar con las herramientas necesarias para llevarlo a cabo de forma segura y sin perder efectividad, ya que a medida que las organizaciones de todo el mundo adoptan políticas de trabajo desde el hogar para garantizar la seguridad de los empleados, el riesgo de ataques cibernéticos en conexiones no seguras aumenta rápidamente.

#### Tendencia 6: Malla de ciberseguridad

La malla de ciberseguridad es un enfoque arquitectónico distribuido para un control de ciberseguridad escalable, flexible y confiable. Muchos activos existen ahora fuera del perímetro de seguridad tradicional.

La malla de ciberseguridad esencialmente permite que el perímetro de seguridad se defina alrededor de la identidad de una persona o cosa. Permite un enfoque de seguridad más modular y receptivo, al centralizar la orquestación de políticas y distribuir la aplicación de estas.

**Entrega resiliente****Tendencia 7: Negocio componible inteligente**

Una organización «componible» inteligente es aquella que puede adaptarse y reorganizarse en función de una nueva situación. A medida que las organizaciones aceleran la estrategia comercial digital para impulsar una transformación digital más rápida, deben ser ágiles y tomar decisiones comerciales basadas en los datos disponibles en ese momento. Para hacer esto con éxito, las organizaciones deben permitir un mejor acceso a la información, aumentar esa información con un mejor conocimiento y tener la capacidad de responder rápidamente a las implicaciones de ese conocimiento.

**Tendencia 8: Ingeniería de IA**

La ingeniería de Inteligencia Artificial (IA) ofrece un camino, haciendo que la IA forme parte del proceso principal de DevOps en lugar de un conjunto de proyectos especializados y aislados. Reúne varias disciplinas, al tiempo que facilita la combinación de múltiples técnicas de IA. Debido al aspecto de gobernanza de la Ingeniería de Inteligencia Artificial, está surgiendo una Inteligencia Artificial responsable para abordar los problemas de confianza, transparencia, ética, equidad, interpretabilidad y cumplimiento. Es la operacionalización de la responsabilidad de la IA.

**Tendencia 9: Hiperautomatización**

La hiperautomatización es la idea de que todo lo que pueda automatizarse en una organización debe automatizarse. La hiperautomatización está impulsada por organizaciones que tienen procesos comerciales heredados que no están optimizados.

Por su parte, el Reporte de Predicciones Tecnológicas de Transformación Digital para 2021 en Europa, de Forrester (2020), sigue tres grandes tendencias:

1. El enfoque centrado en el consumidor, teniendo en cuenta nuevos modos de consumo y valores de marca que son cada vez más importantes.
2. Independencia del empleado en la organización de la empresa, con nuevos modos de trabajo, el uso masivo de la nube servicios y la adaptabilidad de las empresas.
3. La seguridad en el centro de atención, con el aumento de la banca fraudulenta, la gestión de riesgos y la protección de los datos personales.

En estos tres temas, el estudio de Forrester propone 12 tecnologías para 2021 en Europa, algunas de las cuales concuerdan mucho con las tendencias propuestas por la consultora Gartner, como se aprecia en la siguiente selección de sus tendencias (Forrester, 2020):

1. Comportamiento del consumidor
2. La experiencia del cliente
3. Nube, seguridad, red
4. Nuevos métodos de trabajo
5. Nuevas reglas para la Inteligencia Artificial
6. El auge de los *chatbots* en B2B
7. B2B invierte en Inteligencia Artificial y automatización

La consultora Accenture, que lleva desarrollando el informe «Visión Tecnológica», durante más de 20 años, con el objetivo de identificar las tendencias tecnológicas emergentes que tendrán un mayor impacto sobre empresas, organismos gubernamentales y otras organizaciones, prevé entre sus predicciones para 2021 las siguientes:

- Arquitecturas más sólidas: construyendo un futuro mejor (las empresas pueden adaptar a un nivel nunca visto cada una de las capas de la arquitectura de su tecnología, para optimizar la ejecución de la estrategia corporativa).
- El mundo replicado: el poder de los gemelos digitales, masivos e inteligentes (se están creando gemelos digitales inteligentes de las organizaciones y se están entrelazando para generar modelos vivos y completos de fábricas, cadenas de suministro, ciclos de vida de productos, etcétera).
- Yo, el experto: la democratización de la tecnología (capacidades potentes de IA, plataformas de poco código y automatización de procesos robóticos, entre otras soluciones, ponen capacidades complejas en manos de personas no tecnólogas por profesión).
- En cualquier parte: llévate tu entorno contigo (teletrabajo como ventaja y no como adaptación).

## Principales disruptores de la transformación digital

Las fronteras entre tecnologías habilitadoras y disruptoras no están bien precisas en los estudios evaluados. De todos ellos, el enfoque de Deloitte aporta una clasificación más clara, por lo cual es el que se emplea en este capítulo. Esta consultora considera como los principales disruptores o agentes de cambio, en la actual década de 2020, a la realidad digital, las tecnologías cognitivas y la cadena de bloques o *blockchain* (Deloitte, 2020).

## Realidad digital

Las tecnologías de realidad digital, que incluyen realidad aumentada/virtual, realidad mixta, interfaces de voz, reconocimiento de voz, computación ambiental, video 360° y tecnologías de inmersión, promueven compromiso más natural del usuario, mediante la extensión de la experiencia centrada-en-lo-humano más allá de los confines de teclados y pantallas. La meta es interacciones naturales, intuitivas y potencialmente imperceptibles con las tecnologías subyacentes.

### **Caso de uso-Fujitsu aplica metodología centrada en humanos derivada del pensamiento de diseño (Loasby, 2019)**

Desafío: establecimiento de la Red Digital de Líderes de Business in the Community (BITC), para minimizar consecuencias no deseadas de la innovación digital.

El Centro de Transformación Digital (DTC), recientemente lanzado por Fujitsu en Londres, proporcionó la ubicación perfecta. Es un espacio de talleres de cocreación que utiliza contenido y herramientas digitales para capacitar a los miembros de BITC, a pensar en el futuro de sus negocios y desarrollar conceptos que aceleren su transformación digital. El DTC le da a BITC acceso exclusivo a la metodología Fujitsu Human Centric Experience Design (HXD), la iteración del pensamiento de diseño de Fujitsu que acelera significativamente el proceso de diseño. La metodología HXD está enfocada en el diseño de soluciones relacionadas con la tecnología, que apoyen la transformación digital de las organizaciones y entreguen valor real al usuario.

Al poner a los clientes de Fujitsu y sus clientes finales en el centro de la fase de ideación crítica, el enfoque asegura que todos los involucrados en el proceso sean codiseñadores del concepto general.

«Se realizaron varias sesiones en el DTC con alrededor de 40 asistentes que compartieron sus ideas y enfoques. El propio Fujitsu realizó dos sesiones HXD de una hora para 15 personas. Fue útil ver cómo Fujitsu aplica el pensamiento de diseño en la vida real a problemas importantes».

Al poner a los clientes de Fujitsu y sus clientes finales en el centro de la fase de ideación crítica, el enfoque asegura que todos los involucrados en el proceso sean co-diseñadores del concepto general.

## Tecnologías cognitivas

Las tecnologías cognitivas, como aprendizaje de máquina, automatización robótica de procesos, robots [bots], procesamiento natural del lenguaje, redes neuronales, y el dominio más amplio de la IA, tienen el potencial para transformar casi a todas las industrias. Esas tecnologías personalizan y contextualizan la interacción entre el hombre y la tecnología.

Inteligencia Artificial (IA) referencia a sistemas que muestran un comportamiento inteligente analizando su entorno y tomando acciones, con algún grado de autonomía, para alcanzar objetivos específicos; pueden ser sistemas basados en *software* solamente, actuando en un mundo virtual (como asistentes de voz, análisis de imágenes, motores de búsqueda, sistemas de reconocimiento) o pueden estar incluidos en equipos de *hardware* (robots avanzados, vehículos autónomos, drones, aplicaciones de IoT, etc.) (European Commission, 2018). En el núcleo de un sistema basado en IA está un módulo de procesamiento de la información/razonamiento, que toma una entrada proveniente de sensores y propone una acción para tomar dato el objetivo que se desea alcanzar; puede usar conocimiento simbólico o aprender modelos numéricos y ellos pueden adaptar su comportamiento analizando como el entorno es afectado por sus acciones previas.

Los avances logrados en el desarrollo de nuevos métodos de percepción, aprendizaje y razonamiento, han conducido al gran incremento en las aplicaciones de la IA (Dietterich, 2017). Entre los más relevantes logros se mencionan: autos autónomos, asistentes para cirugía robótica, sistemas de comercio automatizados, sistemas de control de redes eléctricas, arsenales autónomos o inteligentes, etc. Los métodos de la IA tienen el potencial de manejar tareas cada vez más complejas, lo que permite que en problemas donde hasta poco tiempo el hombre daba soluciones más eficaces, ahora la máquina lo pueda hacer, dando soluciones de calidad similar o superior, pero usualmente con mayor eficiencia. Estos avances combinan la capacidad de aprender mediante métodos como el aprendizaje profundo (*deep learning*) o el aprendizaje por reforzamiento (*reinforcement learning*) y de razonar incluyendo planificación, *scheduling*, búsqueda y optimización.

El alto nivel de estas aplicaciones y el riesgo que puede representar para el hombre, requiere desarrollar sistemas basados en IA robustos. El hecho de que estos sistemas no solo sean sistemas de ayuda a la decisión, donde el hombre

tiene la oportunidad para evaluar si la solución propuesta se toma o no, sino que pueden trabajar en ambientes con un alto grado de autonomía, como el caso de los autos autónomos, pueden implicar que las soluciones encontradas y ejecutadas por el agente inteligente tengan consecuencias de alto riesgo para la vida del hombre. El problema radica en que al dotar al sistema inteligente no solo con mecanismos de razonamiento, a partir del conocimiento dado por los expertos humanos, sino con capacidades de aprendizaje, estos pueden adquirir nuevo conocimiento, no conocido previamente por el hombre, y usarlo en la construcción de las soluciones a nuevos problemas. Un ejemplo es lo ocurrido cuando al combinar aprendizaje profundo y por reforzamiento en el programa AlphaGo, el sistema fue capaz de ganar a expertos en el juego de GO, logrando hacer jugadas que todavía los expertos no tienen una explicación para ellas (Silver *et al.*, 2018) (Stanford University, 2016). Los sistemas tienen que ser robustos a los errores que puedan cometer sus operadores humanos, objetivos mal especificados, ciberataques, errores en su propio modelo del mundo (el modelo construido, mediante el aprendizaje puede ser incorrecto al menos parcialmente), etcétera.

El desarrollo socioeconómico de las sociedades modernas está basado en la informatización y esta transformación digital no se puede concebir en el presente —y mucho menos en el futuro—, sin tecnologías que no incluyan la IA. Ejemplos de ello se encuentran en diferentes campos de aplicación (Stanford University, 2016): transportación (vehículos inteligentes, vehículos autónomos, planificación de la transportación); robots para el servicio en el hogar; cuidado de salud (asistencia clínica, analítica de datos de la salud, robots asistentes de salud, equipos móviles para el seguimiento de la salud); educación (robots para la enseñanza, sistemas tutoriales inteligentes, analítica del aprendizaje); seguridad pública; entretenimiento; etcétera.

El desarrollo actual y las perspectivas de un uso más acelerado e inclusivo en toda la vida socioeconómica, han llevado a la necesidad de analizar los aspectos éticos relacionados con el empleo de la IA. Todo sistema basado en IA debe adherirse a principios éticos de: respeto por la autonomía humana, prevención de daños, justicia y explicabilidad. Una atención particular debe prestarse a situaciones que involucran grupos vulnerables (European Commission, 2019). También la UNESCO ha lanzado una consulta global para generar recomendaciones sobre la ética en el uso de la IA (UNESCO, 2021). Esto revela que se hace cada vez más consciente la necesidad de desarrollar una IA más creíble y confiable.



**Caso de uso-El juego ha cambiado. La IA triunfa en resolver estructuras de proteínas (Service, 2020)**

Cómo las proteínas se disponen tridimensionalmente es un problema científico en el que se ha trabajado intensamente en los últimos años, porque esa forma espacial determina la función que cumplen estas proteínas. Cuando se conocen estas formas, es posible usar esta información para diseñar tanto medicamentos como enzimas que puedan convertirse en biocombustibles o en mecanismos para reducir contaminantes.

La forma tradicional de obtener esta estructura tridimensional usando rayos X o microscopios implica demoras de meses y años, sin garantía de éxito. Por esta vía se han descubierto las estructuras de alrededor de 170 mil proteínas de las más de 200 millones de ellas que se conocen.

La complejidad esencial radica en que la estructura espacial depende las interacciones entre los aminoácidos, pero existen muchas posibles variantes. Esto ha motivado un concurso llamado CASP que se realiza cada dos años en que el reto consiste en predecir la estructura de algunas proteínas cuyo resultado correcto solo lo conocen los jueces. En proteínas grandes se vuelve muy difícil lograr una semejanza en el resultado superior a 40, en una escala del 0 al 100.

Un algoritmo de Inteligencia Artificial llamado *AlphaFold* creado por la empresa DeepMind y basado en mecanismos de aprendizaje profundo logró en 2020 ser el amplio ganador logrando resultados por encima de 80 para todas las proteínas. Para ello, se entrenó previamente usando la información sobre la estructura espacial asociada a proteínas conocidas.

A pesar de la mejora lograda por todos los demás algoritmos en 2020, los resultados de *AlphaFold* fueron muy superiores a los demás, y eso llevó a que algunos presentes dijeran que «el juego ha cambiado». Basado en las reglas del evento que obligan a cada participante a mostrar las interioridades de sus procesos, las bases del método exitoso ahora están en las manos de muchos investigadores, lo cual puede llevar a una avalancha de resultados en esta rama, a pesar de que el algoritmo puede y será aún mejorado en los próximos años. De esta manera, un algoritmo de IA ha provocado un salto cualitativo notable en una ciencia que puede tener notables implicaciones en la creación de nuevos medicamentos y materiales.

## Cadena de bloques

La cadena de bloques (*blockchain*) constituye una prioridad tecnológica crítica que incrementa su capacidad de transformar procesos de negocio, mostrando convincentes casos de estudios cada año, como lo muestra la Encuesta Global de *Blockchain*, realizada por Deloitte (2019).

En la década de 1990 la adopción masiva de Internet cambió disruptivamente la forma en que se hacían los negocios y cómo se creaba, usaba y distribuía la información. Esto abrió las infinitas posibilidades que tenemos hoy. Algunos dicen (Tapscott & Tapscott, 2016) (Zheng, Xie, Dai, Chen & Wang, 2018) que, de manera similar, ahora *blockchain* está en un momento de tal trascendencia, que debe elevar Internet a un nuevo nivel al habilitar el desarrollo de aplicaciones que integren cuatro cualidades que son claves para la transformación digital: seguridad, privacidad, valor y confianza.

Aunque tiene sus orígenes en servir de soporte a las criptomonedas y en particular al bitcoin (Luther, 2016) —la más longeva y estable de entre las miles que existen—, hoy en día no hay banco o institución financiera que no aplique *blockchain* o al menos no lo investigue o siga de cerca. Sin embargo, *blockchain* como tecnología habilitadora trasciende a su aplicación en las criptomonedas y el dinero digital.

Las redes *peer-to-peer*, las aplicaciones descentralizadas, la criptografía, el *software* abierto ya existían. La gran innovación, ilustrada con el bitcoin, es la integración de todo esto en la tecnología *blockchain*, creando algo novedoso que es a la vez un sistema de tecnología de la información y un sistema económico, pero que trasciende a su aplicación en este campo.

La significación del *blockchain* como tecnología habilitadora puede verse como una red en la que se puede transferir valor y asegurar la propiedad de activos digitales, vía computación distribuida y descentralizada en un conjunto de participantes, sin necesidad de intermediarios (como pueden ser bancos, corredores de bolsa, bufetes de abogados o cualquier tercero) para aportar confianza y seguridad.

Funcionalidades habilitadoras del *blockchain*:

- La confianza y seguridad la aportan en el *blockchain* la criptografía asimétrica, las funciones *hash* y la aplicación de algoritmos y protocolos que

ejecuta la propia red, y que son abiertos y aceptados por todos los que decidan formar parte de esta, y cuya inviolabilidad es garantizada por la propia red.

- El *blockchain* funciona como un libro mayor (*ledger database*) en el que se registran transacciones que pueden ser consultadas, verificadas y auditadas, pero que no pueden ser alteradas o borradas, es decir, es indeleble. Nótese que las aplicaciones tradicionales que se suelen hacer con los sistemas de bases de datos no están orientadas a este enfoque, aunque no dejan de seguir siendo útiles y vigentes.
- Los nodos participantes del *blockchain* se comunican de manera descentralizada *peer-to-peer*, sin la intermediación de ningún tercero y sin ningún nodo principal que lleve el control, lo que sumado a la propia criptografía, lo hace más democrático y a la vez menos vulnerable a ataques.
- La cadena de bloques es compartida por todos los nodos, teniendo cada uno una copia de esta.
- Las transacciones que se registran en la cadena de bloques son seguras, porque están protegidas criptográficamente y son aceptadas siguiendo algún algoritmo de consenso que es acordado por todos.
- La propia infraestructura de la red *blockchain* puede ejecutar código que es a su vez almacenado en la propia red y que por tanto también es inalterable. De esta manera se puede comprobar el cumplimiento de determinadas condiciones como requisito para cada transacción y procesarla automáticamente, así como garantizar que se ha realizado correctamente. Por analogía con el mundo real, estos códigos se conocen como contratos inteligentes (*Smart contracts*).

Los contratos inteligentes son actores importantes en la aplicación del *blockchain* a los seguros. Las compañías de seguro son responsables de la recolección de fondos, las inversiones y demandas; pero los costos operacionales son altos. Mediante la aplicación de un contrato inteligente, ni el demandante de un seguro ni la compañía de seguros que lo debe aprobar tendrían que hacer nada; cuando se disparen las condiciones de la demanda esto ocurrirá automáticamente. Un caso típico es LenderBot, fundado en 2016 por la empresa de *blockchain* Stratumn, Deloitte y en colaboración con los proveedores de pago Lemonway. Esta permite a la

gente usar el *messenger* de Facebook, registrar productos de aseguramiento personalizados e intercambiar entre individuos para cubrir los artículos de alto costo, jugando el *blockchain* el rol de contrato de préstamo en lugar de necesitar que un tercero haga de intermediario.

Con estas cualidades, el *blockchain* puede verse como una tecnología habilitadora y disruptiva para el desarrollo innovador de aplicaciones a viejos problemas no resueltos, como garantizar el poder acceder y transmitir, pero no alterar la información que se quiere compartir entre participantes que no tienen por qué confiar entre sí, y también para la concepción y solución proactiva a nuevos problemas.

Es importante destacar que con este propósito debe considerarse que lo que denominamos valor o activo digital que se gestiona en el *blockchain* no tiene que ser necesariamente dinero o traducirse directamente en dinero. Puede ser, por ejemplo, un título, un registro legal, una habitación de hotel o derecho a algún tipo de servicio, un registro médico, puntos de fidelidad de alguna asociación, la certificación de calidad de un producto o hasta un simple «visto bueno» de un regulador (humano o artificial).

Por otro lado, los participantes en la aplicación pueden ser instituciones o entidades diferentes; no tienen que ser todas parte de una misma organización global o estar dirigidas por una misma entidad central. La confianza, seguridad y privacidad la brinda la propia naturaleza del *blockchain*. Cuántos de los tan reclamados «encadenamientos productivos» se pueden concebir y propiciar entonces. La línea aérea, el hotel, el restaurante, el taxista, el proveedor de insumos y el turista; o el médico, el hospital, la farmacia, el medicamento y el paciente; o seguir la traza de un producto desde su producción en un país hasta un destinatario final en otro país, para citar algunos. Si el propio sistema hace de intermediario cuánta burocracia se deja de engendrar o se simplifica.

Por su naturaleza horizontal, *blockchain* se puede integrar con las demás tecnologías habilitadoras: con el IoT, porque los procesos de encadenamiento y logística pueden estar asociados a sensores que se alimenten del *blockchain* o lo alimenten; a la analítica de datos, porque el *blockchain* permitiría compartir información con confianza, pero sin pérdida de privacidad; con la IA, porque los algoritmos de consenso pudieran adaptarse o evolucionar.

### **Caso de uso-Xiong'an abre el primer plan de alquiler de *blockchain* de China, para frustrar el fraude de propietarios (Shicong, Dou, 2018)**

El distrito estatal de China Xiong'an New Area, en el corazón de la región Beijing-Tianjin-Hebei, está operando el primer programa de alquiler de viviendas basado en *blockchain* del país, para garantizar la autenticidad de propietarios e inquilinos.

El esquema fue desarrollado por Alibaba Group Holding Ltd., Ant Financial Services Group, China Construction Bank Corp. y la importante agencia inmobiliaria Beijing Lianjia Real Estate Agency Co., informó el medio de noticias en línea *ITHome*, y agregó que el servicio se ha estado ejecutando en silencio durante casi un mes.

El alquiler de casas falsas es una estafa común en China, donde los supuestos propietarios afirman estar fuera de la ciudad y que enviarán las llaves por correo a los posibles inquilinos, una vez que reciban un depósito de seguridad y el alquiler por adelantado. El arrendador nunca envía las llaves, pero intentará desviar más efectivo de la víctima antes de ignorar todas las comunicaciones. Ant Financial Services Group proporciona la tecnología *blockchain* detrás de la plataforma, mientras que Lianjia y CCB ofrecen datos de alquiler de viviendas y servicios financieros. Cuando los inquilinos usen la herramienta, podrán verificar la autenticidad del propietario y la propiedad para protegerse de los fraudes. Los propietarios también podrán garantizar la idoneidad de los inquilinos. China inauguró una notaría con sede en Beijing, en abril de 2019, para brindar servicios basados en *blockchain*. Esto marcó el comienzo de la era de los servicios notariales basados en *blockchain*, los cuales tienen tanto valor notarial como del significado legal de la certificación, con las ventajas de bajo costo, alta eficiencia y buena estabilidad del *blockchain*. Los contratos inteligentes garantizan que los propietarios de certificados puedan verificar los contenidos de los documentos. La integración de *blockchain* en la actividad notarial puede evitar la falsificación de documentos e impedir sacar ventaja fraudulenta de la asimetría de la información.

La nueva área de Xiong'an fue propuesta por el presidente chino Xi Jinping y se estableció en Baoding, provincia de Hebei, en abril de 2017. Su objetivo es convertirse en la fuerza impulsora del desarrollo creativo en la región de Beijing-Tianjin-Hebei. Varias firmas líderes de Internet, incluida Alibaba, instituciones financieras y empresas estatales, ya han anunciado planes para abrir oficinas en la zona.

## Confluencia de tecnologías habilitadoras y disruptivas de la transformación digital

Muchas de las tecnologías habilitadoras de la transformación digital tienden a converger, conformando ecosistemas tecnológicos y dando lugar a plataformas o tecnologías agregadas de transformación digital, como los gemelos digitales, las ciudades inteligentes, la agricultura inteligente, las fábricas inteligentes y las cadenas de suministro 4.0, entre otras agrupaciones «colaborativas» de tecnologías digitales.

### Gemelos digitales

El concepto de gemelo digital (DT por sus siglas en inglés, *digital twin*) se presentó por primera vez asociado a la enseñanza de la gestión del ciclo de vida del producto (PLM), por el profesor Grieves, de la Universidad de Michigan (Grieves, 2005). Más tarde, el propio Dr. Grieves adoptó la terminología «gemelo digital» en 2014, describiéndolo mediante tres elementos: espacio real, espacio(s) virtual(es) y mecanismo de enlace (Grieves, 2014). Pero el término «gemelo digital» se hizo más popular a partir de que Gartner lo identificara como una de sus diez principales tendencias tecnológicas estratégicas para 2017 (Gartner, 2016), al predecir que de 3 a 5 años, «miles de millones de cosas estarían representadas por los gemelos digitales, un modelo de *software* dinámico de una máquina o sistema físico». La explosión de los sensores de IoT (*Internet of Things*) es un factor importante en la evolución de los gemelos digitales.

La configuración de un gemelo digital representa un viaje del mundo físico al mundo digital y de regreso al mundo físico. Este viaje físico-digital-físico, constituye la piedra angular del enfoque de Deloitte hacia la Industria 4.0. A veces llamada la «Cuarta Revolución Industrial», la Industria 4.0 describe en términos generales un entorno de fabricación digital que combina técnicas de fabricación avanzadas con IoT, para crear no solo una empresa de fabricación interconectada, sino también una que comunica, analiza y utiliza la información para impulsar más acciones inteligentes en el mundo físico (Deloitte, 2017).

Recientemente, el Consorcio Digital Twin (Digital Twin Consortium, 2020) ha publicado la siguiente definición de gemelos digitales:

Un gemelo digital es una representación virtual de entidades y procesos del mundo real, sincronizados a una frecuencia y fidelidad específicas. Los sis-

temas gemelos digitales transforman los negocios al acelerar la comprensión holística, la toma de decisiones óptima y la acción efectiva. Utilizan datos históricos y en tiempo real para representar el pasado y el presente y simular los futuros previstos. Los gemelos digitales se orientan a los resultados, se adaptan a los casos de uso, son impulsados por la integración, basados en datos, guiados por el conocimiento del dominio e implementados en sistemas de Tecnología de Información y Operacional (TI/TO).

Los gemelos digitales pueden simular cualquier aspecto de un objeto físico o de un proceso (figura 9). Pueden representar los planos y las dimensiones de ingeniería de un producto nuevo, o representar todos los subcomponentes y el correspondiente linaje en la cadena de suministro más amplia, desde la mesa de diseño hasta el consumidor, o una representación física en una planta de producción, como se muestra en la figura liberada por Siemens.

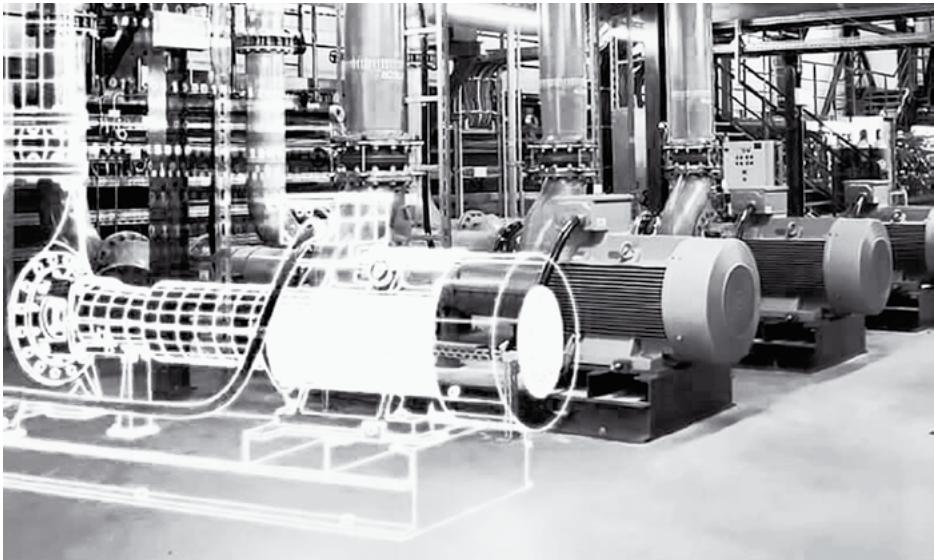


FIG. 9 EJEMPLO DE GEMELO DIGITAL (FUENTE: SIEMENS<sup>4</sup>).

<sup>4</sup> <https://new.siemens.com/global/en/company/stories/research-technologies/digitaltwin/digital-twin.html>nuevos avances de las tecnologías digitales.

Un DT industrial funcional comprende un conjunto de módulos organizados coherentemente, cada uno de los cuales contiene los modelos y datos de configuración, necesarios para abordar cada función específica (Guitard, Brissaud & Noël, 2020).

### **Caso de uso-Energía renovable-General Electric (General Electric, 2020)**

¿Cómo Digital Twin está transformando la industria de las energías renovables?

A través de una solución construida por General Electric, los ingenieros pudieron usar los sensores virtuales de la turbina gemela digital de Haliade para obtener la información de temperatura que necesitaban, luego desarrollaron una aplicación que monitorea y estima las temperaturas físicas de la turbina. Esta aplicación ayudará a los ingenieros en el campo a determinar si mantener las turbinas funcionando a plena potencia o reducirlas un poco.

Según el reporte, la aplicación para ayudar a los ingenieros de campo aún se está construyendo, pero cuando se lance, ayudará a que las eficientes turbinas de GE funcionen mucho mejor, y todo gracias a la tecnología de gemelos digitales.

## **Ciudades inteligentes**

Los desarrollos recientes en Internet de las Cosas (IoT), la Inteligencia Artificial (IA) y las corrientes tecnológicas centradas en el humano, están impulsando y respaldando el desarrollo de ciudades inteligentes y sostenibles en todo el mundo.

Una ciudad inteligente y sostenible es una ciudad innovadora que utiliza las TIC para mejorar la calidad de vida, la eficiencia de las operaciones y los servicios urbanos, y la competitividad, garantizando al mismo tiempo satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras, con respecto a los aspectos económicos, sociales, medioambientales y culturales (UNECE-ITU, 2015).

Las plataformas de ciudad inteligente son soluciones habilitadas para IoT, que permiten a los usuarios finales de ciudades inteligentes obtener acceso a los datos, sin problemas, en los múltiples silos de funcionalidad que existen en



las ciudades de hoy, con aplicaciones como gestión del transporte, salud y seguridad pública, medio ambiente (incluidos el agua y las aguas residuales), energía, gobernanza, entorno construido y más. Tradicionalmente, estos sistemas han existido de forma aislada, con una amplia variedad de equipos y sistemas heredados. Las plataformas de ciudades inteligentes proporcionan un entorno único para administrar los datos de todas estas aplicaciones y sistemas, y lo que es más importante, tienen la capacidad de tomar grandes cantidades de datos provenientes de estos sistemas y convertirlos en información procesable para abordar problemas específicos dentro de la ciudad (ARC, 2020).

Un reciente informe del Grupo Consultor ARC (ARC, 2020) ve la COVID-19, como un catalizador para que muchas ciudades, grandes y pequeñas, reactiven sus iniciativas de transformación digital, lo que en muchos casos conducirá a la adopción de plataformas de ciudad inteligente. La razón principal detrás de esto es la necesidad de consolidar y administrar datos de diversas fuentes en la ciudad, no solo para lidiar mejor con la pandemia, sino también para proporcionar una infraestructura urbana más resistente en el futuro.

### **Caso de uso-Singapur lanza IA «responsable» para realizar su revolución en las ciudades inteligentes (Valerio, 2019)**

Singapur adopta un enfoque de Inteligencia Artificial centrado en el ser humano y en el uso de la tecnología, para brindar beneficios sociales y económicos impactantes para sus ciudadanos. El Gobierno ha identificado inicialmente cinco sectores clave: transporte y logística, ciudades y fincas inteligentes, salud, Educación, seguridad y seguridad fronteriza (alrededor de 300 mil personas cruzan la frontera con Malasia diariamente). Singapur se llevó el City Award en el Smart City Expo World Congress 2018 y, en octubre de 2019, encabezó el índice inaugural de Smart City de IDM,<sup>5</sup> superando a ciudades globales como Zúrich, Oslo y Ginebra. También mantuvo su posición como el segundo país más competitivo digitalmente del mundo, después de Estados Unidos, en la última edición del *ranking* mundial de Competitividad Digital de IDM.

---

<sup>5</sup> IDM: World Digital Competitiveness. <https://www.imd.org/wcc/world-competitiveness-center-rankings/world-digital-competitiveness-rankings-2020/>

(CONT.) La amplia gama de soluciones desarrolladas por el Gobierno, desde algoritmos dinámicos de enrutamiento de autobuses públicos hasta portales para padres y maestros en tiempo real, o incluso análisis predictivos de fugas en tuberías de agua, han demostrado que Singapur persigue sistemáticamente la aplicación de tecnologías digitales innovadoras para mejorar la vida de las personas.

El marco de Inteligencia Artificial del Gobierno revelado en la reunión anual del Foro Económico Mundial en Davos en enero de 2019 está transformando la forma en que el Gobierno atiende al público. El enfoque, según el Sr. Ng Chee Khern, Secretario Permanente, Smart Nation & Digital Government, «siempre ha sido extremadamente ciudadano y centrado en las empresas para ayudar a hacer de Singapur un mejor lugar para trabajar, vivir y jugar» (GX, 2019).

Alibaba, YITU Technology y Adatos AI han elegido Singapur como base para promover sus investigaciones y capacidades de Inteligencia Artificial, y con fDiIntelligence, una división de datos del Financial Times que clasifica a Singapur como el número uno, por delante de ciudades como Shanghai, Dubai y Houston en términos de su atractivo para las inversiones en Inteligencia Artificial y robótica, seguramente otras seguirán su ejemplo.

## Recomendaciones por hallazgos

### Perspectiva estratégica

Sobre la base de: «Si las sociedades van a planificar el cambio tecnológico, los responsables de la formulación de políticas deberán considerar los efectos potencialmente disruptivos durante los próximos años o incluso décadas. Esto requerirá una visión estratégica e inteligencia en forma de evaluación y prospectiva tecnológica desarrollada en conjunto con agentes clave de cambio y fuentes de conocimiento (UNCTAD, 2021)», y en línea con el principio estratégico-preventivo y dinámico del modelo de gestión del Gobierno, orientado a la innovación (Díaz-Canel Bermúdez & Delgado Fernández, 2021), impulsado por el presidente de la República, sería aconsejable:

1. Proyectar estrategias nacionales (ágiles, flexibles, preventivas y orientadas a la mejora), de al menos las siguientes tecnologías disruptivas:

- Inteligencia Artificial
  - Internet de las Cosas
  - La nube, la niebla y el borde de la red
  - *Blockchain*
  - Robótica
  - Industria 4.0
2. Potenciar instrumentos de política, como observatorios, clústeres, parques tecnológicos de alta tecnología digital, etc., así como otros mecanismos complementarios: contratos, proyectos de cooperación, fondos de inversión y emprendimiento, que apoyen la innovación en tecnologías habilitadoras a corto, mediano y largo plazo.

### **Perspectiva holística**

Ninguna tecnología digital por sí sola es lo suficientemente transformadora; solo la integración de varias tecnologías habilitadoras de la transformación digital puede hacer realidad su impacto transformador. Sobre esta base y considerando las tendencias tecnológicas estudiadas, se recomienda:

1. Fomentar el desarrollo de escenarios unificados de transformación digital, que potencien la confluencia de las tecnologías habilitadoras de este cambio. Algunos de estos escenarios podrían ser los gemelos digitales, la agricultura inteligente, las ciudades sostenibles-inteligentes, las fábricas inteligentes y la «tokenización» de la economía, donde se combinan varias tecnologías digitales como IA, IoT, *Big Data*, *blockchain*, robótica e impresión 3D.

### **Perspectiva centrada en el humano**

El comportamiento humano y la experiencia, tanto del usuario como del empleado, son habilitadores y disruptores convergentes en la mayoría de las predicciones evaluadas. Se recomienda:

1. Incentivar los estudios sobre el comportamiento humano y la experiencia del usuario, a partir del aprovechamiento de las analíticas sobre redes sociales y otras investigaciones sociales, respetando la privacidad, pero conduciendo

la transformación de la administración pública y la industria a la personalización de los servicios y productos, acorde con las necesidades específicas de las personas.

2. Mantener una estrecha vigilancia a los principios éticos al proyectar e implementar la transformación digital, la cual no debe generar resultados injustamente sesgados (por ejemplo, los datos utilizados para entrenar sistemas de IA deben ser lo más inclusivos posible, representando diferentes grupos de población). Esto también requiere un respeto adecuado a las personas y los grupos potencialmente vulnerables, como trabajadores, mujeres, personas con discapacidad, minorías étnicas, niños, consumidores u otras personas en riesgo de exclusión.

## Perspectiva de formación de habilidades

1. Uno de los factores clave del éxito de la transformación digital es el desarrollo de competencias (conocimiento, habilidades, actitudes y valores), que permitan aprovechar al máximo el poder de las tecnologías habilitadoras y la disrupción digital. En este contexto se debe prestar especial atención a la gestión del cambio, mediante programas de formación integrales para los ciudadanos, priorizando aquellos dirigidos a los cuadros, que más que conducir deben asumir un rol de liderazgo del proceso de transformación.

## Referencias bibliográficas

- Accenture: *Se buscan líderes: maestros del cambio en momentos de incertidumbre*, 2020. Disponible en: Technology Vision 2021: [https://www.accenture.com/\\_acnmedia/PDF-146/Accenture-Tech-Vision-2021-es-ES.pdf](https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-146/Accenture-Tech-Vision-2021-es-ES.pdf)
- Al-Ruithe, M., Benkhelifa, E. & Hameed, K.: “Key issues for embracing the Cloud Computing to adopt a digital transformation: A study of Saudi public sector”. En *Procedia computer science*, 130, pp. 1037-1043, 2018.
- ARC: *Plataformas de ciudades inteligentes: COVID-19 proporciona un impulso para el crecimiento hasta 2024*, 2020. Disponible en: Market Studies: <https://www.arcweb.com/market-studies/smart-city-platforms>
- Bharadwaj, E. S., A., O., Pavlou, P. A. & Venkatraman, N.: *Digital business strategy: toward a next generation of insights*. MIS quarterly, pp. 471-482, 2013.

- Björkdahl, J.: “Strategies for digitalization in manufacturing firms”. En *California Management Review*, 62(4), pp. 17-36, 2020.
- Delgado, T.: “Taxonomía de transformación digital”. En *Revista Cubana de Transformación Digital*, pp. 4-23, 2020.
- Deloitte: *Industry 4.0 and the digital twin*, 2017. A Deloitte series on Industry 4.0, digital manufacturing, enterprise and digital supply networks. Disponible en: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html>
- Deloitte: *Tendencias de tecnología*, January, 2020. Deloitte Insights. Disponible en: [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ec/Documents/technology-media-telecommunications/DI\\_TechTrends2020\\_ES%20REPORTE%20COMPLETO.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ec/Documents/technology-media-telecommunications/DI_TechTrends2020_ES%20REPORTE%20COMPLETO.pdf)
- Díaz-Canel Bermúdez, M. & Delgado Fernández, M.: “Gestión del Gobierno orientado a la innovación: Contexto y caracterización del Modelo”. En *Universidad y Sociedad*, 13(1), pp. 6-16, Cuba, 2021.
- Dietterich, T.: *Steps Toward Robust. Artificial Intelligence*. AI Mag, pp. 3-24, 2017.
- Digital Twin Consortium: The definition of a digital twin, December 3, 2020. Disponible en: <https://www.digitaltwinconsortium.org/initiatives/the-definition-of-a-digital-twin.htm>
- European Commission: *A definition of AI: Main capabilities and scientific disciplines*, December 18, 2018. High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. Disponible en: [https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/ai\\_hleg\\_definition\\_of\\_ai\\_18\\_december\\_1.pdf](https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/ai_hleg_definition_of_ai_18_december_1.pdf)
- European Commission: *Ethics guidelines for trustworthy AI*, April 8, 2019. Disponible en: High-Level Expert Group on Artificial Intelligence: Ethics Guidelines for Trustworthy AI | FUTURIUM | European Commission (europa.eu)
- Forrester: *European Predictions 2021-Accelerate out of the crisis*, October, 2020. Disponible en: Forrester: <https://go.forrester.com/wp-content/uploads/2020/10/Forrester-Predictions-2021-EMEA-1.pdf>
- Gartner: *Gartner's Top 10 Strategic Technology Trends for 2017*, October 16, 2016. Disponible en: Smarter with Gartner: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartners-top-10-technology-trends-2017/>
- Gartner: *Top Strategic Technology Trends 2021*, October 19, 2020. Disponible en: Smarter with Gartner: <https://emtemp.gcom.cloud/ngw/globalassets/en/information-technology/documents/insights/top-tech-trends-ebook-2021.pdf>

- General Electric: Digital Twin Creation, 2020. Disponible en: GE Research: <https://www.ge.com/research/offering/digital-twin-creation>
- Grieves, M.: “Product lifecycle management: the new paradigm for enterprises”. En *Int. J. Prod. Dev.*, 2(1-2), pp. 71-84, 2005.
- Grieves, M.: *Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication*. White Paper. Research Gates, pp. 1-7, 2014.
- Guitard, L., Brissaud, D. & Noël, F.: “Implementation of a Digital Twin Starting with a Simulator”. En F. Nyffenegger, J. Ríos, L. Rivest & A. Bouras, *Product Lifecycle Management Enabling Smart X*. PLM 2020. IFIP Advances in Information and Communication Technology, pp. 139-149, Springer, Cham, 2020.
- GX: *Case Study: Singapore’s Smart Nation Initiative is Driving AI Innovation*, october 28, 2019. Disponible en: Government Experience: <https://gx.ae/en/resources/case-study-singapore-s-smart-nation-initiative-is-driving-ai-innovation>
- Loasby, A.: *Innovation through design-led thinking*, 2019. Disponible en: Fujitsu: [https://www.fujitsu.com/emeia/Images/CS\\_2019Oct\\_BITC.pdf](https://www.fujitsu.com/emeia/Images/CS_2019Oct_BITC.pdf)
- Luther, W. J.: “Bitcoin and the future of digital payments”. En *The Independent Review*, pp. 397-404, 2016.
- McKinsey: *Unlocking success in digital transformations*, october 29, 2018. Disponible en: [https://www.mckinsey.com/~/\\_media/McKinsey/Business%20Functions/Organization/Our%20Insights/Unlocking%20success%20in%20digital%20transformations/Unlocking-success-in-digital-transformations.pdf?shouldIndex=false](https://www.mckinsey.com/~/_media/McKinsey/Business%20Functions/Organization/Our%20Insights/Unlocking%20success%20in%20digital%20transformations/Unlocking-success-in-digital-transformations.pdf?shouldIndex=false)
- Pappas, I. O., Mikalef, P., Giannakos, M. N., Krogstie, J. & Lekakos, G.: *Big Data and business analytics ecosystems: paving the way towards digital transformation and sustainable societies*. Information Systems and e-Business Management, pp. 479-491, 2018.
- Sebastian, I., Ross, J., Beath, C., Mocker, M., Moloney, K., & Fonstad, N.: *How big old companies navigate digital transformation*. MIS Quart. Execut. 16, 2017.
- Semeraro, C.: *Contribution to the formalisation of data-driven invariant modelling constructs of Cyber-Physical Systems*. Nancy, France: University of Lorraine, 2020. Disponible en: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02929708>
- Service, R. F.: “The game has changed”. *AI triumphs at solving protein structures*, november 30, 2020. Disponible en: Science Mag: <https://www.sciencemag.org/news/2020/11/game-has-changed-ai-triumphs-solving-protein-structures>

- Shicong, D.: *Xiong'an abre el primer plan de alquiler de blockch* Disponible en: Disponible en: Yicai Global: <https://www.yicaiglobal.com/news/xiongan-opens-china-first-blockchain-rental-scheme-to-thwart-landlord-fraud>
- Silver, D. H., Schrittwieser, J., Antonoglou, I., Lai, M., Guez, A., Lanctot, M. & Hassabis, D.: *A general reinforcement learning algorithm that masters chess, shogi, and Go through self-play*. Science, pp. 1140-1144, 2018.
- Stanford University: One Hundred Year Study on Artificial Intelligence (AI100), 2016. Disponible en: [https://ai100.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj9861/f/ai100report10032016fnl\\_singles.pdf](https://ai100.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj9861/f/ai100report10032016fnl_singles.pdf)
- Tapscott, D. & Tapscott, A.: *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin is Changing Money, Business, and the World*. Penguin, 2016.
- Tárano, S., Delgado, T. & Pérez, A.: “Towards Smarter Cities Taking Advantage of the Fog Computing Paradigm”. En *Sistemas & Telemática*, 16(45), pp. 19-30, 2018.
- UNCTAD: Technology and Innovation Report 2021. Geneva: UN, 2021.
- UNECE-ITU: Sustainable Smart Cities, 2015. Disponible en: Housing and Land Management: <https://unece.org/housing/sustainable-smart-cities>
- UNESCO: Elaboration of a Recommendation on the ethics of artificial intelligence, april 31, 2021. Disponible en: UNESCO: <https://en.unesco.org/artificial-intelligence/ethics>
- Valerio, P.: Singapore launches «responsible» AI to realize its Smart City revolution, december 3, 2019. Disponible en: IoT Times: <https://iot.eetimes.com/singapore-launches-responsible-ai-to-realize-its-smart-city-revolution/>
- Vermesan, O., Bröring, A., Tragos, E., Serrano, M. & Bacciu, D. E.: Internet of robotic things: converging sensing/actuating, hypoconnectivity, artificial intelligence and IoT Platforms. In J. B. Ovidiu Vermesan, Cognitive Hyper-connected Digital Transformation: Internet of Things Intelligence Evolution, pp. 97-155, River Publisher, 2017.
- Vial, G.: “Understanding digital transformation: A review and a research agenda”. En *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), pp. 118-144, 2019.
- World Economic Forum: *Digital transformation: Powering the great reset*. Geneva: WEF, 2020.
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H. N., Chen, X. & Wang, H.: “Blockchain challenges and opportunities: A survey”. En *International Journal of Web and Grid Services*, 14(4), pp. 352-375, 2018.

# Necesidad, oportunidades y barreras en Cuba

ALINA RUIZ JHONES / JULIO VIDAL LARRAMENDI

En los epígrafes anteriores hemos examinado el concepto de transformación digital (TD) y sus pilares fundamentales, en el contexto de la empresa y sociedad actual a escala global. Nos toca ahora contextualizar el caso cubano. ¿Por qué TD en Cuba? ¿Cuáles son las oportunidades que nos ofrece el momento actual para su despegue y desarrollo, y cuáles las principales barreras que lo ralentizan y pueden, incluso, impedir su éxito?

El informe «Transformación Digital. Visión y propuesta de AMETIC» (AMETIC 2017), desarrollado por la Asociación Multi-sectorial de Empresas Españolas de Electrónica y Comunicaciones, al discutir la necesidad de la transformación digital en España y Europa, plantea:

El crecimiento continuo en el uso de tecnologías digitales está dando lugar a profundos cambios en toda la sociedad, mediante la interconexión de miles de millones de personas, máquinas y productos. Estos cambios deben llevar aparejados cambios igualmente importantes en la economía y por tanto en el tejido empresarial, en las administraciones públicas y en los ciudadanos en general. La transformación digital actúa transversalmente en la sociedad, la economía y en nuestro día a día convirtiéndose en acelerador de este cambio [...] debe aprovechar el potencial de las tecnologías digitales para realizar una reinención de la propia organización de forma que adapte sus procesos, productos y modelos de negocio a la demanda de unos usuarios, consumidores y empleados que cada vez son más eminentemente digitales [...] Es un proceso que se está produciendo de for-



ma rápida e inexorable, y ningún país, sector económico u organización puede permitirse el no adaptarse al mismo. La transformación digital ya no es una estrategia de futuro, sino que ofrece una ventaja competitiva que puede no ser solo conveniente sino imprescindible para la supervivencia.

O sea, la TD no es una opción, es la opción. Como dice AMETIC, ningún país, sector económico u organización puede sustraerse a este proceso, so pena de no sobrevivir.

Por su parte, el World Economic Forum, que en 2016 lanzó su Digital Transformation Initiative (DTI), dice (WEF 2016):

El mundo parece estar en una encrucijada. Las nuevas tecnologías están abriendo oportunidades para impulsar el crecimiento económico, reducir la desigualdad y promover la inclusión [...] Tenemos que hacer una elección importante: entre un mundo más abierto, inclusivo e interconectado y uno cerrado, aislado y desigual. La digitalización está indisolublemente ligada a las fuerzas sociales y económicas que alimentan estas visiones del mundo en conflicto [...] la digitalización tiene un inmenso potencial para generar valor para la sociedad. Las innovaciones digitales pueden, por ejemplo, impulsar el progreso hacia la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU y apuntalar los tres pilares sobre los que se basan: mejorar la calidad de vida de las personas, fomentar el crecimiento equitativo y proteger el medio ambiente [...] En un mundo que enfrenta los desafíos de cerrar fronteras y ampliar las brechas (en términos de distribución de ingresos, riqueza, adopción tecnológica, solo por nombrar algunos), tenemos una oportunidad importante para dar forma a la transformación digital para que nos sirva a todos.

Acá, de nuevo, se subraya el potencial de la TD para el avance hacia un mundo mejor y la oportunidad actual de la sociedad para acometer esa TD que se necesita. Nuestro país no puede aislarse de lo que está sucediendo en el mundo y no lo hace. Cambiamos también: la infraestructura de telecomunicaciones ha avanzado con celeridad en los últimos años, al punto de que si en 2012 teníamos alrededor de 1,5 MM usuarios de la telefonía móvil (Morera, 2012), en 2020 se alcanzó la cifra de más de 6,6 MM de líneas de celular activas y, de ellas, más de 4,4 MM con conexión a Internet, 40 % con tecnología 4G. Desde unos 190 mil

hogares, ya es una realidad la conexión a Internet por la red fija; asimismo, se han incrementado las velocidades de conexión en las opciones sociales: escuelas, universidades, hospitales, centros laborales (Mesa Redonda, 2021). Cuba está en Internet. Al mismo tiempo, se progresa en el desarrollo de soluciones para el comercio electrónico y se impulsa el gobierno electrónico, lo que se concreta en la existencia de los portales de Gobierno en las 14 provincias y los 146 municipios del país (*Granma*, 2021); se informatizan registros primarios, los OACE tienen portales con cierto nivel de interacción con el ciudadano y hay algunos trámites que comienzan a digitalizarse. Se dispone de una política de informatización de la sociedad desde 2017. La informatización del país es impulsada por la más alta dirección, lo que se recoge en instrumentos legales, estructuras, programas. Incluso en su discurso en la clausura del VIII Congreso del PCC, en abril de 2021, el primer secretario del Comité Central del Partido Comunista de Cuba (CC del PCC) y presidente de Cuba, Miguel Díaz-Canel Bermúdez, precisaba sobre la importancia de las tecnologías digitales para el trabajo del PCC:

Soy un convencido, de que debemos incorporar como pilares de nuestra labor, la informatización de todos los procesos al interior de la organización, el apoyo en la ciencia y la innovación para el abordaje y la solución de los temas más complejos, así como el desarrollo creativo de la comunicación social. La labor partidista en la búsqueda constante de alternativas emancipadoras, también está urgida de un baño de ciencia y de tecnología, que deben ser partes de ese proceso (Díaz-Canel, 2021).

Pero el ritmo, como indican los resultados reportados por el Índice de Desarrollo de Gobierno Electrónico de Naciones Unidas (IGDE), no es aún el necesario. En 2020 Cuba se ubicó en la posición 140 de 193 países, con un valor de 0.44. Aunque la cifra es superior en 0,03, al resultado del período anterior (2018), el ritmo de crecimiento resulta inferior al promedio de la región (0.04) y del mundo (0.05), lo que provoca el descenso de nuestro país en el *ranking*. Resulta interesante constatar que, a pesar de que Cuba avanza en el terreno TIC, y solo hay que preguntar a cualquier cubano, se ha ido descendiendo sistemáticamente en el IDGE (2014, posición 116; 2016, posición 131; 2018, posición 134 y 2020, posición 140). En otras palabras: avanzamos, pero los otros lo hacen más rápido (ONU, 2021).

No se interprete esto como una carrera para estar en los primeros lugares, porque sí. La transformación digital de la sociedad, que según vimos más arri-

ba, es considerada imprescindible en el primer mundo; es una urgencia aún mayor para los países subdesarrollados. En efecto, no asumir la TD significa, simplemente, no incorporarse a la Cuarta Revolución Industrial, la nueva era de la industrialización en la historia de la humanidad. ¿Cuáles serían las consecuencias de ese atraso? La economía de los países pobres dependería cada vez más, como productores de materias primas y productos de bajo valor agregado —las grandes compañías del mundo desarrollado que participarían en esas producciones, lo harían explotando las ventajas de los últimos avances de la ciencia y la tecnología, con incomparables índices de productividad, copando el mercado— de los países más desarrollados para adquirir todos los productos manufacturados y de alto valor agregado para el funcionamiento de la sociedad. Se agravaría cada vez más la diferencia entre los más ricos y los más pobres.

Siempre hemos dicho (Ruiz, 2019) (Ruiz y Vidal, 2018), que la asimilación de las tecnologías digitales en las actividades de nuestra sociedad tiene además, en nuestro caso, otro elemento de urgencia: la defensa de la independencia nacional. Las tecnologías digitales ofrecen infinitas posibilidades de desarrollo y mejoramiento de la sociedad y la economía; pero también entrañan riesgos. No hay dudas de que lo que no logremos hacer por nosotros mismos, otros vendrán y lo harán. La demanda de trámites, productos y servicios digitales, por parte de la población cubana, crece exponencialmente, agudizada por la situación de distanciamiento social y obligada permanencia en los hogares, a que nos ha sometido la difícil situación epidemiológica asociada a la COVID-19. Ejemplo de ello ha sido la problemática que se ha vivido con el comercio electrónico de productos alimenticios y de supervivencia, en 2020 y 2021, que mostró, más allá de la grave realidad de desabastecimiento del país recrudescida por el bloqueo, la insuficiencia de los procesos logísticos y las plataformas digitales para responder a una demanda urgente, que explotó todo lo que se había implementado y que aún no se ha podido resolver del todo.

Esta ocupación por otros de espacios para la oferta de productos y servicios digitales, se hará desde presupuestos ideológicos y políticos que no son los de la Revolución Cubana. A esto se suma el riesgo de la existente brecha digital generacional. Como dice Zarzalejos (2016):

Los jóvenes no llevan reloj en su muñeca porque consultan la hora en su smartphone. Los jóvenes no compran el periódico porque se informan a través de las redes sociales, a las que atienden con frecuencia

también en su *smartphone* [...] Los jóvenes no ven la televisión, porque prefieren seguir los programas a través del ordenador y distraerse –y aprender– conectándose al *prime time* de YouTube. Cientos de miles de jóvenes no acuden a clases, porque las atienden *online* desde sus casas en universidades digitales. Tampoco compran ropa en una tienda, porque la seleccionan digitalmente y la reciben donde deseen. Igualmente, no necesitan acudir a la sucursal bancaria: todas sus transacciones son digitales [...] Además, se relacionan con sus amigos, por separado o en grupo, utilizando el artilugio digital. Y se desplazan de una ciudad a otra colaborativamente activando la aplicación correspondiente.

A esa juventud le resulta difícil diferenciar entre su vida digital y la real. Sus conceptos sobre la privacidad son diferentes a las generaciones anteriores. Muchos quieren compartir con todo el planeta su vida personal. Nuestra juventud, salvando las distancias debidas a nuestro aún presente atraso tecnológico, no se diferencia demasiado de esta imagen. Y en esas tecnologías «inteligentes» donde se confía más que en el periódico *Gramma* o el *Noticiero Nacional de Televisión*, lo mismo se lee un poema al Che que una proclama a la desobediencia «ciudadana». Todo con el mismo nivel de credibilidad, para muchos.

De manera que la transformación digital de la sociedad, en el caso cubano, es una condición absoluta de desarrollo y supervivencia para nuestro país y sistema social. No podemos seguir tardándonos, porque no llegamos. Hay que avanzar rápido, quemar etapas. No podemos recorrer el mismo camino que ha recorrido el mundo, porque siempre llegaríamos después. Se impone una estrategia de urgencia, prioridades y máxima atención de los que dirigen nuestra sociedad y economía a todos los niveles. Examinemos las oportunidades y barreras más importantes para su éxito.

¿A qué nos referimos cuando hablamos de oportunidades? Vamos a interpretar este concepto como condiciones propicias para desarrollar determinadas acciones. ¿Qué está pasando en Cuba ahora, que pueda constituir una oportunidad para el desarrollo de la TD?

Una primera oportunidad, sin dudas, es la creciente presencia de equipos y dispositivos digitales en manos de la población. Esto resulta en que los ciudadanos tienen actualmente muchas más habilidades que hace unos años atrás, en la comprensión y el uso de estas tecnologías, sobre todo los niños y jóvenes, nativos digitales. Esta disponibilidad y estas habilidades condicionan otra

oportunidad, que se relaciona también con la etapa de distanciamiento social y cuarentenas que hemos vivido, asociadas a la COVID-19: el incremento de la demanda de servicios, productos y trámites digitales ubicuos, eficientes y seguros. La población entiende más que nunca antes sobre la utilidad y necesidad de este cambio, y se compara con los avances en el resto del mundo. Esto se ha visto claro, por ejemplo, en la demanda sobre las plataformas y los servicios de comercio electrónico.

Otra oportunidad la constituye el desarrollo de la infraestructura de conectividad, que ya hemos mencionado. Más allá de que aún sea insuficiente, podemos decir que se cuenta con una plataforma tecnológica mínima, la cual, bien aprovechada, puede servir de base al desarrollo de la TD, sobre todo si ponemos en función de ello a las futuras inversiones en infraestructura. Ya se tiene más de 68 % de la ciudadanía con acceso a Internet,<sup>6</sup> y los grandes centros de I+D+i tienen aceptables condiciones de conectividad. Esto, unido al desarrollo de la telefonía móvil, nos coloca en condiciones mínimas de plantearnos con seriedad la tarea de la TD.

Una importante oportunidad se relaciona con el reanálisis que, desde las más altas esferas del país se ha venido haciendo sobre el papel de la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) en el desarrollo socioeconómico de Cuba. Véase, por ejemplo Díaz-Canel (2021 a). Se ha venido creando un sistema de CTI que, en estrecha relación con las estructuras de Gobierno, ha permitido enfrentar exitosamente la batalla contra la pandemia de la COVID-19, de manera ejemplar para el resto del mundo. Se ha creado recientemente el Consejo Nacional de Innovación como órgano consultivo del Estado, de carácter nacional, que asiste al presidente de la República, orientado a recomendar las decisiones para impulsar la innovación en el funcionamiento del Estado, el Gobierno, la economía y la sociedad de forma coordinada e integrada, que contribuya a la visión de la nación, así como al cumplimiento del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social vigente<sup>7</sup>; son constantes los intercambios del presidente, el primer ministro y otros altos dirigentes, con los científicos, los académicos,

---

<sup>6</sup> <http://www.cubadebate.cu/especiales/2021/05/17/cuba-en-datos-informatizacion-de-la-sociedad-apuntes-mas-alla-de-la-infraestructura-infografia/>

<sup>7</sup> Gaceta Oficial Extraordinaria, N° 40, 4 de mayo de 2021, disponible en <https://www.gacetaoficial.gob.cu/sites/default/files/goc-2021-ex40.pdf>

las universidades y centros de investigación; se han creado estructuras de relación universidad- empresa que antes no existían; se ha reformulado el sistema de programas de I+D+i atendido por el Citma; se formulan políticas nacionales sobre estos temas. Sin duda, es el momento de la ciencia, la tecnología y la innovación: un momento especial para impulsar la TD.

En esta misma cuerda, una oportunidad de la que se volverá a hablar más adelante con detenimiento, es el surgimiento de entidades de interfaz Universidad-Empresa como el Parque Tecnológico de La Habana y el de Matanzas, en los espacios de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) y la Universidad de Matanzas, respectivamente, y las empresas con este propósito en la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae) y la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas (UCLV), todas con una fuerte presencia del sector TIC en sus negocios.

A todo esto se une la indudable voluntad política de la más alta dirección del país, para impulsar la informatización de la sociedad. Desde hace varios años se han venido creando programas y estructuras para atender el tema, por ejemplo, el extinto Consejo de Informatización y Ciberseguridad, creado en 2013; la propia Unión de Informáticos de Cuba, creada en marzo de 2016, en cuyo acto fundacional participó Miguel Díaz-Canel Bermúdez, entonces vicepresidente primero de la república; la aprobación y publicación en 2017 de la Política Integral para el Perfeccionamiento de la Informatización de la Sociedad Cubana, que recoge la instrumentación del Programa Nacional de Informatización; la definición, en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030, aprobado en el VII Congreso del PCC, como parte del Eje Estratégico Infraestructura, del objetivo específico N° 8: «Desarrollar y sostener la infraestructura de las telecomunicaciones para lograr acceso universal y uso productivo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), a partir del desarrollo de inversiones en tecnologías de avanzada a nivel internacional, que permitan un mayor acceso a la banda ancha»; el establecimiento y comienzo de ejecución de las etapas del Gobierno Electrónico,<sup>8</sup> etc. Todo esto, atendido y chequeado sistemáticamente a los más altos niveles de dirección del Estado y el Gobierno.

La fuerza de trabajo calificada, a partir de las graduaciones en carreras relacionadas con las tecnologías digitales, también constituye una oportunidad para

---

<sup>8</sup> <https://www.mincom.gob.cu/es/gobierno-electronico>

la TD. En todas las provincias del país se ofrecen estudios superiores en este campo: Ingeniería Informática, Ingeniería en Ciencias Informáticas, Licenciatura en Ciencias de la Computación, Ingeniería en Telecomunicaciones, Ingeniería Automática, Licenciatura en Ciencias de la Información y Diseño Informacional, de las que están directamente vinculadas, sin mencionar otras como Ingeniería Industrial o Ingeniería Eléctrica, muy cercanas también, o las que, relacionadas directamente con las tecnologías digitales en sus campos de actuación, se estudian en los centros superiores de formación militar, de seguridad y orden interior y del sector de la Salud. Se abren constantemente, además, carreras nuevas, como las de ciclo corto de Tecnólogo Superior en Administración de Redes y en Seguridad Informática, la de Ingeniero en Bioinformática o la de Licenciado en Ciencia de Datos. Se cuentan por decenas de miles, por tanto, los especialistas preparados —y muy bien preparados—, para acometer las tareas más complejas que trae consigo una transformación digital como la que necesitamos. Acotemos, sin embargo, desde aquí, que esta oportunidad no está exenta de problemas, como veremos más adelante.

A nuestro juicio —y relacionado directamente con el párrafo anterior—, una oportunidad puede ser la existencia de un sector TIC no estatal muy activo y presente en todo el país. Muchos de sus miembros se encuentran organizados en pequeños grupos, aunque en el momento de escribirse este artículo aún no han sido aprobados, para el sector TIC, instrumentos legales que regularicen la pequeña y mediana empresa no estatal, ni existen oficialmente cooperativas de trabajadores por cuenta propia. Esta es una fuerza calificada, que puede, sobre todo, llenar espacios a los que no puede dar respuesta la gran empresa estatal de *software* y servicios informáticos, y que resulta muy necesaria en una transformación digital profunda, que alcance a todos los sectores productivos y de servicios, sean estatales o no, y a toda la sociedad. De hecho, el propio desarrollo de las formas no estatales de producción refuerza la demanda de informatización, porque este sector de emprendedores quiere ser más eficiente y efectivo en su gestión para ser competitivo; y el tamaño y la granularidad de sus organizaciones sugiere que sus soluciones de informatización deben estar en manos de pequeñas y medianas empresas. Para que esta oportunidad se concrete y se logre su necesaria integración al esfuerzo, como una fuerza productiva más, es urgente legalizar la situación de estos grupos.

Por último, una oportunidad que empieza a abrirse con más amplitud es la inversión extranjera en el sector de las telecomunicaciones y la informática.

La cartera de oportunidades para la inversión extranjera en Cuba (2020-2021) plantea, en su política para el sector, las siguientes posibilidades:

Se podrán crear: parques científicos-tecnológicos, modalidades de soporte y asistencia técnica en línea (centros de contacto), centros de certificación internacional de servicios, tecnologías y capital humano, centros de investigación y desarrollo de *software*, y capacidades ejecutoras para trabajos de infraestructura de telecomunicaciones (planta externa: obras de fibra óptica, montaje de torres y otras) [...] No se prevé la modalidad de empresa de capital totalmente extranjero dentro de este sector, excepto en negocios dirigidos al desarrollo de las TIC que se ubiquen en los parques científicos tecnológicos (Mincex, 2020).

En años anteriores, las propuestas eran mucho más reducidas. Sin dudas, una buena señal para un sector donde la mejoría en infraestructura y los mercados que trae la inversión extranjera pueden ser de gran impacto.

Hasta aquí podemos constatar la imperiosa necesidad de la TD en nuestro país y la existencia de oportunidades que conforman un marco propicio para su desarrollo. Sin embargo, al mismo tiempo, aún subsisten importantes barreras que lo dificultan. La adopción de tecnologías nuevas no es un proceso simple; nunca lo ha sido, a lo largo de la historia. Existe todo un bagaje teórico sobre el tema. Por ejemplo, Venkatesh *et al.* (2013) ofrece una «teoría unificada de adopción de tecnologías», el modelo UTAUT (por sus siglas en inglés, *Unified Theory of the Acceptance and Use of Technology*). Este enfoque considera el modelo que se muestra en la figura 10.

Obsérvese que este modelo se enfoca, sobre todo, en la actitud del usuario, en los aspectos que van a influir sobre su «comportamiento de uso» de la tecnología en cuestión. ¿Qué espera el usuario del funcionamiento de la tecnología? ¿Qué le aportará? ¿Le costará mucho trabajo aprenderla y hacerse hábil en su uso? ¿Cuál es la actitud de los demás, sobre todo de los demás «importantes» sobre la necesidad de adoptar la tecnología en cuestión? ¿Existen las condiciones organizativas y tecnológicas que faciliten el uso de esta tecnología? Estudios han demostrado que el género del usuario, su edad, su experiencia previa y su voluntad de aceptar el cambio, entre otros factores, son mediadores en ese comportamiento final. Existen múltiples trabajos que comprueban y enriquecen este modelo y no hay duda de



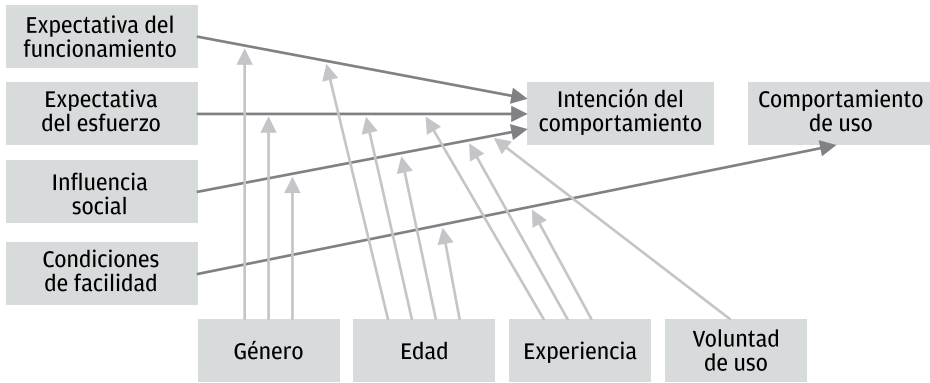


FIG. 10 MODELO UTAUT DE ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS (VENKATESH *ET AL.*, 2013).

que debe tenerse en cuenta en cualquier intento serio de analizar la adopción de cualquier tecnología. En este artículo, aun cuando aparecerán reflejados algunos de esos aspectos, trataremos de examinar las barreras que se oponen al desarrollo de la TD en el país, desde una perspectiva social, sin olvidar al individuo como centro.

Siendo la TD, como ya dijimos, un cambio cultural, las principales barreras para su éxito serán culturales. Así lo reportan numerosos estudios y *blogs*. Por ejemplo, en Reche (2020) se precisa que «[...] las principales barreras para la transformación digital no son tecnológicas, sino humanas [...] La transformación digital implica más un cambio de cultura de la organización que de tecnología». En esta línea, el autor identifica las siguientes siete barreras, como las más importantes en el ámbito empresarial:

- Existencia de silos organizativos y de información.
- Gran cantidad y falta de integración de los sistemas heredados.
- Preocupaciones concernientes a la seguridad.
- Presupuesto necesario.
- Falta de habilidades y talento, no solo en lo concerniente a la tecnología, sino también a la innovación y la creatividad.
- Insuficiente liderazgo para conducir la transformación.
- Aversión al riesgo y la resistencia al cambio.

Laboratoria, un emprendimiento peruano destacado a escala internacional, considera que la cultura organizacional tradicional es la principal barrera que frena la transformación digital de una empresa, además de la burocracia, la falta de estrategia y la falta de talento (APN, 2109). En el *blog Software One* (SWOne, 2017), su equipo editorial refiere que 84 % de los proyectos de TD de las empresas fracasan, y que hay tres factores principales en juego que pueden impedir el éxito de la TD:

1. La complejidad percibida de la TD está desacelerando la velocidad del cambio: con demasiada frecuencia es la percepción de lo difícil que va a ser un proyecto de transformación, lo que evita que suceda en primer lugar. Esto, según los autores, puede ser resuelto con una adecuada preparación y planificación:

Si bien es cierto que las infraestructuras de TI se han vuelto más complejas en los últimos años, esta complejidad no debería obstaculizar el cambio ni utilizarse como excusa para retrasar la adopción de nuevas tecnologías [...] con las habilidades y la experiencia adecuadas, los CIO pueden trazar una hoja de ruta alcanzable independientemente del nivel de madurez en el negocio. Para transformar realmente, todo debe volver a colocarse en el cuadrado de la posibilidad.

2. El pensamiento anticuado mata las ideas:

[...] la mayor barrera para la transformación digital es el pensamiento heredado, junto con la falta de voluntad por parte de los departamentos de TI que ya están agotados para un cambio radical [...] las empresas a menudo abordan las iniciativas digitales desde la perspectiva del propio departamento de TI, en lugar de la de los usuarios finales, ya sean empleados internos o clientes externos. Para mitigar este obstáculo común, se requiere un cambio de actitud.

3. La TD comienza y termina con el negocio, no con las tecnologías:

Hoy en día, la tecnología y las TIC son una parte intrínseca de cualquier organización. Cada proceso de negocio, hasta cierto punto, ahora está

impulsado o respaldado por la tecnología. Esto significa que no debe haber separación entre la organización y el departamento de TI [...] la TD debe comenzar con las preguntas fundamentales: ¿qué estamos tratando de lograr, cuál es nuestra estrategia y cómo la tecnología nos permite lograr nuestros objetivos? Con demasiada frecuencia, las organizaciones persiguen proyectos de transformación sin una comprensión real de estas cuestiones.

Como puede observarse, se señalan puntos comunes: falta de preparación de los empleados, insuficiente liderazgo, las estructuras organizativas inadecuadas y desconectadas, y la inexistencia de un pensamiento estratégico en torno al tema. Subrayemos, de nuevo, que todo tiene que ver con las personas. La TD es, sobre todo, un cambio en las personas, aunque la tecnología sea el facilitador insoslayable, el sustrato de este cambio.

En Eggers y Bellman (2015) se mencionan, como barreras fundamentales que impiden a las organizaciones aprovechar las ventajas que les ofrecen las tecnologías digitales: falta de claridad estratégica de cuáles son las prioridades, no canalización de los recursos suficientes, falta de capacidad para gerenciar el cambio organizativo y fallo en adquirir las habilidades requeridas. Se precisa también que los retos son diferentes, según la etapa de madurez en la que se encuentre la organización. Así, la falta de adecuada comprensión de las implicaciones de la digitalización y el no contar con una estrategia general, son más importantes en los estadios tempranos, mientras que más adelante importa más la falta de prioridades claras y recursos.

En el caso de Cuba, estamos obligados a empezar este análisis por una barrera obvia y muy difícil de vencer: el atraso tecnológico. La situación de las tecnologías digitales en nuestro país, aun cuando ha mejorado mucho en los últimos años, sobre todo en lo que se refiere a conectividad y acceso a Internet, aún dista bastante de los estándares internacionales. En los reportes del Índice de Desarrollo de Gobierno Electrónico de la ONU (IDGE,<sup>9</sup> ya mencionado), se reconoce el avance que hemos experimentado en el subíndice referido a la infraestructura de telecomunicaciones del país: de un valor de 0,1455 en 2018

---

<sup>9</sup> EL IDGE es un índice combinado que se construye como la suma ponderada de tres índices: TI (infraestructura de telecomunicaciones), HC (capacidades humanas) y OS (servicios en línea).

a 0,2514 en 2020, lo que nos ubica en el borde inferior de lo que se clasifica como países con una situación media (entre 0,25 y 0,5 de índice). Pero esto es insuficiente en un mundo cada vez más hiperconectado. Por otra parte, no se trata solo de la conectividad, sino de la disponibilidad de tecnología computacional moderna: servidores, protección eléctrica, equipamiento activo y pasivo de red, equipos terminales periféricos, móviles de última generación, wearables, equipos industriales y electrodomésticos con conexión a la red incorporada, etc. Tenemos un alto nivel de obsolescencia y rotura en el parque computacional en el sector público, agravado esto en los últimos años por la tensa situación económica del país y el recrudescido bloqueo estadounidense. Una importante barrera, sin duda, que nos obliga a ser efectivos, eficientes, innovadores y cuidadosos en el uso y la conservación de lo que tenemos.

El bloqueo y la situación económica nos afectan no solo en lo que respecta al *hardware*, sino también al *software* (SW). Desde las actualizaciones de los sistemas operativos propietarios que se usan ampliamente en Cuba –mayormente en variantes crackeadas, por la imposibilidad de hacerlo legalmente–, hasta la actualización de lenguajes, herramientas, plataformas, *drivers*, etc., Cuba está limitada para su adquisición. Incluso, tiene prohibido el acceso a los sitios de descarga. La única estrategia posible antes esta situación es la masiva migración hacia SW libre, pero este es un tema que a pesar de años de discusión, planes, metas, programas y esfuerzos de muchos compañeros, no se logra entronizar en nuestro país, quizás debido al hecho de que «Windows en Cuba no cuesta». Pero sí cuesta, y mucho, sobre todo en cuanto a seguridad e independencia tecnológica.

Apartándonos ahora de las barreras tecnológicas puras y duras, podemos listar un conjunto de otras barreras directamente asociadas con el carácter cultural de la TD. Pongamos en contexto esta discusión al caso de Cuba.

La primera enorme y difícil barrera es la incomprensión del carácter estratégico de la TD, que aún existe a todos los niveles de la sociedad. Todavía no se entiende la urgencia de la TD en Cuba, no solo para que nos desarrollemos y vivamos mejor, sino simplemente, como un elemento decisivo de nuestra supervivencia de sociedad independiente, revolucionaria y socialista. Esta situación se traduce, a los más altos niveles de las organizaciones, en la separación de la estrategia de desarrollo principal de la estrategia TIC, que se ve como un problema solo de los especialistas que la gestiona. En Ruiz *et al.* (2018) men-

cionábamos los resultados de varias encuestas a directivos cubanos, tanto de la administración pública como del sistema empresarial, en las cuales quedaba evidente este distanciamiento hacia las tecnologías, y el desconocimiento del impacto y la urgencia de su asimilación en todo el entramado social, productivo y económico del país. Actualmente, se puede decir que hay mayor comprensión en los altos niveles de dirección del Estado y el Gobierno, pero no se ha dado aún con las fórmulas de éxito necesarias para impulsar la TD, mediante el empuje y la ubicuidad que se precisan.

Si hablamos, por ejemplo, del gobierno digital, que es sin duda una alta expresión de la TD en la administración pública, a pesar de que se está trabajando, hay definidas etapas para este, y se registran discretos avances, existen problemas básicos de gobernanza que lastran su desarrollo. El enfoque hacia la TD que se propone es esencialmente vertical: cada OACE, cada Gobierno provincial y municipal, deben garantizar su desarrollo hacia adentro, deben armar sus propios portales digitales y garantizar la informatización de sus procesos y la atención a la población, a su leal saber y entender (por supuesto, hay algunas directrices generales). No se ha entendido que es vital, de cara a la ciudadanía en primer lugar, pero a la propia administración pública y al sistema empresarial, que el enfoque sea horizontal: el gobierno digital es, primero que todo, gobierno, y debe alcanzar a todo el entramado socioeconómico, estableciendo reglas de juego, estándares de interoperabilidad y taxonomías, legislando y dirigiendo un tema que es muy difícil, técnico y con profundos alcances. Pensemos solo, por ejemplo, en cómo los sistemas de gestión de información de los diferentes sectores tienen que interactuar. Pensemos en los innumerables trámites que tiene que hacer un ciudadano de cara a las distintas agencias del Gobierno. Todo ello tiene que estar coordinado, estandarizado, optimizado, si no, lo que va a resultar es una burocracia informatizada, más difícil aún para el ciudadano de a pie, por su enfoque tecnológico, que la vieja burocracia «papelizada». Es imprescindible moverse hacia un esquema de horizontalidad, donde, por ejemplo, exista una agencia de Gobierno adscrita al más alto nivel, que sea la que dirija este ejercicio de coordinación e impulse la formulación y el cumplimiento de la estrategia de TD, y que cuide, especialmente y en detalles, cómo va a llegar el cambio al ciudadano, cómo este se va a beneficiar del cambio y cómo va a participar. Esto no puede dejarse a esfuerzos individuales de los OACE y de los gobiernos a los distintos niveles, de manera independiente, y tampoco es responsabilidad única del Ministerio de Comunicaciones.

La existencia de agencias centralizadas es una buena práctica que existe en otros países, que se consideran en el mundo como los más avanzados en TD: Reino Unido, Dinamarca o Uruguay. En Velasco (2019) se comenta:

Los esfuerzos por avanzar en hacer realidad las promesas del gobierno digital han llevado a establecer nuevas formas de organización que, por un lado, permitan coordinar mejor los proyectos y, también, preparar a la administración para operar en entornos digitales [...] un enfoque alternativo para impulsar el cambio digital en las administraciones públicas es la creación de unidades o agencias especializadas, es decir, de organizaciones con algún nivel de autoridad sobre la administración y/o cercanía con los puestos más altos de dirección del gobierno [...] Es interesante que dos de los países con mayores calificaciones en la Encuesta de Naciones Unidas sobre Gobierno Electrónico (Dinamarca y Reino Unido), así como el país latinoamericano con mejor posición en ese instrumento de medición (Uruguay) han optado por este enfoque.

Esta barrera está relacionada con otras dos muy citadas en la literatura: el insuficiente liderazgo para conducir la TD y la falta de habilidades y competencias. En efecto, si no se entiende el carácter estratégico de este cambio no puede dirigirse. Y, al ser estratégico, tiene que ser liderado por los más altos niveles de las organizaciones, sean estas nacionales, locales o verticales. Ese insuficiente liderazgo, en el caso de Cuba, tiene que ver con la falta de preparación de nuestros cuadros. Si las tecnologías digitales no se entienden mínimamente, entonces no se comprende su potencial transformador, las oportunidades que brindan, su apuesta de desarrollo, y también sus riesgos. El ejecutivo que pretenda serlo hoy en día tiene que entender de TIC para manejar el cambio digital. Eso hay que exigirlo, incluso en Cuba, con nuestro atraso tecnológico ya comentado.

Hay que decir: para dirigir se debe estar preparado en TIC. Lo que significa que, para vencer esta barrera, hay que hacer importantes esfuerzos de capacitación de los líderes. Y no basta una preparación académica. Para liderar un cambio cultural como este hay que tener las competencias necesarias, desarrollar habilidades. Entre las que más se mencionan en la literatura están la creatividad, la capacidad de innovación, el trabajo colaborativo, una gran flexibilidad y mucha perseverancia. Apuntemos, por último, que una vez que el directivo

entendió el significado de la TD y está armado de las necesarias competencias, tiene que ser ejemplo para todos sus subordinados, usando las herramientas que existan en su entorno y exigiendo el desarrollo de ellas y su uso por todos.

Relacionada con este tema de las habilidades y capacidades para la TD, hay una amenaza importante en lo que se refiere a la existencia y estabilidad de la fuerza de trabajo calificada. A pesar del alto número de graduados que analizábamos más arriba como una oportunidad, la realidad es que los especialistas no alcanzan. Todo el que trabaja en el sector sabe que se sufre de una alta inestabilidad en la fuerza técnica de la rama, y aunque todos los años lleguen nuevos graduados a nuestras empresas, universidades, centros de investigación, oficinas u hospitales, se van otros que ya habían aprendido a trabajar, que ya tenían el *know how* del negocio, de la tecnología específica, de los entresijos del trabajo en equipo. Una problemática sin duda decisiva en el éxito de la TD en Cuba. Razones: la migración hacia otros sectores productivos, principalmente el sector no estatal, o hacia el exterior del país, en números que los autores perciben como importantes, aunque no se ha podido encontrar una fuente confiable de datos en este sentido. Sobre esto se volverá en el capítulo dedicado al capital humano para la TD.

Puesto que la TD llega a todos, todos tienen que ser preparados igualmente. La preparación de los ciudadanos, más que una barrera, debe considerarse como un elemento imprescindible, no solo para la aceptación individual de las tecnologías y su uso, sino para que sea partícipe activo de las propuestas de aplicaciones, servicios, plataformas. Las TIC tienen la característica de que en cualquier grupo poblacional existen ciudadanos con muchas habilidades y competencias para su uso, y las ideas valiosas ya no solo aparecen en las grandes empresas, en los *think tanks* o en las universidades. Muchos de los negocios más exitosos de la actualidad (*Uber* y *Spotify*, por solo citar dos) surgen de iniciativas individuales. En Cuba, con un alto nivel cultural, es de esperar el florecimiento de estos emprendimientos ciudadanos, a los que hay que crearles adecuadas condiciones para su desarrollo.

Claro que una barrera importante hoy en nuestro país es el incompleto entramado jurídico que se necesita para el pleno desarrollo de la TD. Faltan leyes importantes, como la ley de protección de datos. Pero, incluso, faltan otros artefactos jurídicos no directamente vinculados con las TIC, pero imprescindibles, como una ley de empresas que permita a las entidades estatales una alta capacidad de maniobra, que las impulse a ser más eficientes y efectivas, no solo

a cumplir el plan. Véase, para ampliar esta idea, Ruiz y Barrera (2019). También se necesitan regulaciones para la creación y el funcionamiento de las pymes, que faciliten la organización de toda la fuerza de trabajo calificada que tenemos en el sector no estatal y habiliten su integración al sistema productivo del país, y consecuentemente, a la transformación digital de la sociedad.

En este mismo sentido faltan regulaciones para la protección de las redes, los equipos y la información. No existe la necesaria coordinación entre las regulaciones disciplinarias en las TIC y los reglamentos disciplinarios generales de los organismos. Los controles internos y las auditorías no profundizan en el uso y la preservación de las TIC.

Para la real TD de una organización, a cualquier nivel, tienen que resolverse los problemas estructurales, organizativos. Los procesos deben estar ordenados y estandarizados, los silos de información deben haber desaparecido. No se informatiza el caos. No puede ser que se trabaje en compartimentos estancos. La colaboración es palabra de orden en la TD. Es imprescindible compartir conocimiento y colaborar de un modo desconocido hasta ahora, erradicando la cultura del oscurantismo y la propiedad individual. Para vencer estos silos es necesario que toda la organización participe y se involucre en la transformación digital, de un modo transparente, y que puedan visualizar y aprovecharse de sus beneficios lo antes posible.

Otra barrera evidente es la seguridad, más bien, la necesidad de garantizar la seguridad en un entorno donde debe ocurrir que los datos sean de acceso fácil, ubicuo y universal para todos los miembros de la organización que se transforma —incluye a la sociedad, donde la TD exige de una política clara de datos abiertos—. Esta es una gran y real preocupación que no puede ser minimizada y sí adecuadamente gestionada —un exceso de miedo a los riesgos puede hacernos frenar un desarrollo—; en Cuba, no podemos ser ingenuos en este sentido. Hay que blindar la TD cubana. Pero hay que blindarla con inteligencia, creatividad, tecnologías. No con prohibiciones que se constituyan una barrera para su éxito. Es un gran reto.

La última barrera que queremos mencionar y no por última menos importante, es la resistencia al cambio. Este rasgo tan humano, puede convertirse en un obstáculo insalvable si no se gestiona bien. Los autores tenemos experiencias propias en el proceso de informatización de la Universidad de La Habana, que dirigimos durante casi 10 años. Sistemas bien contruidos no se pudieron implantar o su implantación fue revertida, debido en alto grado a la resistencia de las per-



sonas, y no tanto los usuarios finales como el personal administrativo que debía gestionar los sistemas. El ser humano se siente bien en su zona de confort, aunque esta se ubique en el siglo pasado. La resistencia al cambio puede ser especialmente fuerte en organizaciones con éxito, en la que mucha gente puede dudar de la necesidad de introducir cambios «si la cosa va bien». Es muy importante, para vencer esta barrera, comunicar adecuadamente los cambios, involucrar a todos, oír lo que opinan, ofrecer ventajas a corto plazo. Pero también es imprescindible ese liderazgo del que hablábamos más arriba. La TD es una meta sí o sí, y hay que empujar a los más reticentes para llegar a ella, con inteligencia, trabajando primero con los grupos de personas más proclives a la iniciativa e incorporando al resto progresivamente, una vez que estos primeros grupos muestren los beneficios y el camino que se debe seguir, con firmeza y perseverancia.

## Referencias bibliográficas

- Agencia Peruana de Noticias: Conoce las barreras para la transformación digital de las empresas en el Perú. 29 de octubre 2019. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-conoce-las-barreras-para-transformacion-digital-las-empresas-el-peru-771338.aspx>
- AMETIC: “Transformación digital: visión y propuesta de AMETIC. Comisión de Desarrollo de la Sociedad de la Información y Servicios Públicos. AMETIC 2017. Disponible en: <https://ametic.es/es/publicaciones/transformaci%C3%B3n-digital-visi%C3%B3n-y-propuesta-de-ametic-0>
- Díaz-Canel Bermúdez, M.: Intervención del Presidente Díaz-Canel en la Clausura del VIII Congreso del PCC, La Habana, 19 de abril de 2021. Disponible en: <https://www.pcc.cu/sites/default/files/discursos/2021-05/Discurso%20Clausura%208vo%20congreso%20Diaz%20Canel.pdf>
- Díaz-Canel Bermúdez, M.: Intervención del Presidente Díaz-Canel en la XXVII Cumbre Iberoamericana de Jefes de Estado y de Gobierno, 21 de abril de 2021. Disponible en: <https://www.presidencia.gob.cu/es/presidencia/intervenciones/intervencion-del-presidente-diaz-canel-en-la-xxvii-cumbre-iberoamericana-de-jefes-de-estado-y-de-gobierno/>
- Eggers, W. D., Bellman, J.: The journey to government’s digital transformation. Deloitte University Press, London, 2015.
- Granma: Culminó la empresa DESOFT la primera etapa del proyecto de Gobierno Electrónico. 5 de mayo de 2021. Disponible en: <http://www.granma>

cu/cuba/2021-05-04/culmino-empresa-desoft-primera-etapa-del-proyecto-de-gobierno-electronico-04-05-2021-14-05-49)

- Mesa Redonda: Informatización en Cuba: perspectivas para el 2021. 3 de marzo de 2021. Disponible en: <http://mesaredonda.cubadebate.cu/mesa-redonda/2021/03/03/informatizacion-en-cuba-perspectivas-para-el-2021-video/>
- MINCEX: Cartera de Oportunidades para la Inversión Extranjera 2020-2021. Disponible en: <https://cartera-de-oportunidades-de-inversion-extranjera-2020-2021-mincex-procuba.pdf>.
- Morera, A.: La telefonía celular en Cuba: antecedentes, actualidad y perspectivas. *Revista Tono*, Año 2012, Volumen 9, No. 2, 2012.
- Reche, A.: Principales barreras para la transformación digital. Retain Technologies.com, 13/03/2020. Disponible en: <https://retaintechnologies.com/principales-barreras-para-la-transformacion-digital/>
- Ruiz, A.: Transformación digital en Cuba: reflexiones contra el tiempo. Ponencia aceptada para presentar en el VI Taller Internacional Las TIC en la gestión de las organizaciones en la XVIII Feria y Convención Internacional Informática 2020, La Habana (pospuesta su realización por la pandemia de la COVID-19).
- Ruiz, A. y Barrera, J.: Los caminos no se hicieron solos: hacia la transformación digital de la sociedad cubana. Ponencia en Cibernsiedad 2019. Varadero, octubre de 2019.
- Ruiz, A., Ortega, Y., Hernández, A., del Prado, A. y Vidal, J.: Capital humano y capacitación. En *Cibernsiedad: Pensando y Actuando*. Colección CS Cibernsiedad. Unión de Informáticos de Cuba. Ediciones Futuro, pp. 205- 222, 2018.
- Ruiz, A., Vidal, J.: Las TIC en la gestión universitaria: propuesta de hoja de ruta. Ponencia presentada en Universidad 2018, La Habana, febrero de 2018.
- Software One, Blog Editorial Team: 3 factores preventivos de la transformación digital llegar a ser realidad. 08/12/2017. Disponible en: <https://www.softwareone.com/es-ni/blog/articles/2017/12/08/3-barreras-clave-para-la-transformacion-digital>.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs Public Institutions (2021): UN e-Government Surveys. Disponible en: <https://publicadministration.un.org/en/Research/UN-e-Government-Surveys>
- Velasco, E.: Dirigir la Revolución Digital en el sector público. Nuevas estructuras organizativas y perfiles directivos. *Buen Gobierno*, N° 27, pp. 1-24, 2019. Fundación Mexicana de Estudios Políticos y Administrativos A.C.

- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B. & Davis, F. D.: User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View, *MIS Quarterly* (27:3), pp. 425-478, 2003.
- World Economic Forum Report: Unlocking Digital Value to Society: building a digital future to serve us all, 2016. Disponible en: <https://reports.weforum.org/digital-transformation/unlocking-digital-value-to-society-building-a-digital-future-to-serve-us-all> / <https://publicadministration.un.org/en/Research/UN-e-Government-Surveys>
- Zarzalejos, J. A.: Ciudadanía Digital. *Revista Uno* 2016, No. 24, “La Transformación Digital, publicado por Desarrollando Ideas de Lorente y Cuenca, con la colaboración de Caixa Bank, Madrid, pp. 11-13, mayo de 2016.

# La transformación digital en el mundo hoy. El efecto de la pandemia en la transformación digital y viceversa

RAFAEL E. BELLO PÉREZ

La transformación digital (TD) aporta múltiples ventajas a las instituciones, entre ellas: incremento de la eficiencia (ofrecer respuestas más rápidamente, ahorro de tiempo y costos); mejora de la eficacia (un análisis de los datos más profundo, incluido el uso del *Big Data*, permite la toma de mejores decisiones) y con ello la satisfacción de los usuarios o clientes; potenciar el empleo de los recursos humanos, mediante nuevas formas de trabajo (trabajo en equipo, teletrabajo) y la atracción de talento motivado por el uso de tecnologías de avanzadas. En general, permite abrir nuevas oportunidades de crecimiento, al poder llevar a nuevos usuarios los servicios y productos generados.

La pandemia mostró otro aspecto relevante respecto a la TD: las instituciones que más habían avanzado en la TD de sus procesos, pudieron enfrentar mejor la nueva situación. La pandemia ha puesto de relieve la necesidad de que las instituciones que no hayan iniciado su proceso transformador lo comiencen cuanto antes, y en general la necesidad de acelerar los procesos de transformación digital, y que se preparen para el largo plazo, teniendo en cuenta la ciberseguridad. El mundo está pasando por una crisis sanitaria que ha llevado a las empresas a cambiar y adaptarse para no desaparecer. La pandemia mostró que la Cuarta Revolución Industrial o Revolución Industrial 4.0, es una oportunidad y no una amenaza, como podía ser vista por las organizaciones basadas en modelos asentados en la

tradición y temerosos de los adelantos de la tecnología; su impacto ha llevado a un inesperado y acelerado proceso de adaptación y reconversión razonado en el enfoque digital.

La interrogante: ¿Qué impacto tendrá la actual crisis de la COVID-19 en el proceso de la digitalización de mi organización?, no tiene una respuesta trivial, pero sí se puede profundizar sobre algunos elementos que permiten identificar ese impacto y cómo se puede enfrentar mejor. A pesar de los notables éxitos en la adaptación a la COVID-19, muchos directivos se han sentido frustrados por la lentitud con la que han realizado los cambios necesarios, pero a la vez ha convencido a la mayoría de que en lugar de un problema se tiene una oportunidad, y que la transformación digital está llamada a permear todos los sectores y no solo al de la industria; casos relevantes han sido los sectores Educación y Salud.

En este artículo trataremos de dar una visión de cómo pandemia y TD han tenido una influencia bidireccional, y se estudian los casos de la Salud y la Educación.

## **Transformación digital y COVID-19: una incidencia bidireccional**

En el afán de realizar medidas efectivas de contención de la propagación de la pandemia, los gobiernos de diversos países plantearon una serie de medidas, tratando de mantener el distanciamiento social, entre ellas: restricciones de circulación, horarios y lugares para circular; cierre de fronteras y aeropuertos; uso obligatorio de mascarillas; marcas para mantener la distancia; cierre de negocios no esenciales; multas para aquellos que quebrantan estas reglas; instituciones cerradas (escuelas, universidades, iglesias, lugares de recreación, instalaciones deportivas) y actividades canceladas (conciertos, festivales, eventos de entretenimiento, celebraciones familiares). Algunos con más o menos éxito, han visto cómo a pesar de estas, los efectos han sido severos en la salud y la vida de las personas. Todo ello ha provocado un fuerte temor de salir de casa, por lo que se puede decir que la COVID-19 ha cambiado de forma significativa nuestra vida personal y social.

Estos efectos han provocado fuertes impactos en los diversos estilos de vida, de relacionarnos, en los intercambios de bienes y servicios, en la forma de educarnos o capacitarnos, así como en diversos campos. El predominio de lo digital ha sido fundamental para poder salir adelante, ante el distanciamiento social. La necesidad de la transformación digital de la sociedad y las ventajas que ofrece,

han quedado más que nunca en evidencia, pero también sus limitaciones actuales. Sin lugar a dudas, la COVID-19 ha sido todo un reto que desnudó a las organizaciones e hizo ver qué tan bien o mal preparados estábamos en el proceso de transformación digital.

Si algo hemos aprendido es que la sobrevivencia y buscar mejores caminos para retornar a la nueva normalidad, han provocado que las organizaciones realicen de forma inmediata una reingeniería de sus procesos, donde predomina el enfoque en la digitalización. La transformación digital puede optimizar los procesos de trabajo y mejorar la forma de gestionar la información de los usuarios.

El concepto de transformación digital puede ser expresado de diferentes formas, pero según Cuenca-Fontbona *et al.* (2020), se concibe como «[...] el proceso de gestión que orienta la cultura, la estrategia, las metodologías y las capacidades de una organización a partir de las tecnologías digitales». La TD se manifiesta cuando una empresa u organización cambia sus productos o servicios, ya sea a través de la conexión inteligente entre ellos y las personas o a través de la mezcla de productos físicos y servicios virtuales (Lombardero, 2015). La transformación digital es un proceso que disminuye manualidades y actividades de bajo valor, crea nuevos servicios digitales y genera mayor satisfacción en los clientes. Además, habilita nuevas formas de trabajar y permite a las empresas ser más ágiles, rápidas y eficientes (Vázquez González & Romero Hidalgo, 2020).

A nivel empresarial, de manera casi inmediata, muchas organizaciones para preservar la salud y la vida de sus colaboradores han tenido que brindar apoyo y facilidades a sus equipos de trabajo, en aras de realizar teletrabajo, desarrollar e implementar soluciones digitales, recurrir de forma acelerada a la automatización de procesos y la implantación de soluciones para el manejo de sus aplicativos y el almacenamiento de su información en la nube. Procesos de transformación que nos hubieran llevado entre 3 y 5 años, se han tenido que realizar en 6 meses.

Antes de marzo de 2020, cuando se hablaba de transformación digital, algunos lo veían como algo lejano, otros como un plan a mediano plazo; muchos tenían ya grandes avances en el interior de sus organizaciones, mientras que otros daban sus primeros pasos en este camino. Llegó la pandemia, y lo que para muchos parecía un universo remoto, se convirtió en nuestra realidad. Cada vez surgen más evidencias de que la COVID-19 ha acelerado los cambios en la digitalización de organizaciones de todo el mundo, desde la medicina a los servicios públicos, desde la salud a los recursos naturales y,

por cierto, la Educación Superior. Más y más organizaciones están utilizando una mayor proporción de herramientas digitales y planeando reforzar su importancia en las organizaciones. La pandemia ha acercado al presente, escenarios de transformación que pensábamos eran del futuro, haciendo posible, además, brindar servicios y realizar múltiples procesos que en los modelos más tradicionales eran imposibles de lograr.

Las consecuencias de la pandemia en las instituciones y sus modelos de trabajo van desde el cambio en formas de promocionarse y ofertar bienes o servicios a través de las redes sociales, hasta el desarrollo de aplicativos móviles, para hacer accesibles los bienes y servicios a los consumidores. Han tenido que utilizar la tecnología para hacer más ágil el acceso a datos y redes, así como la realización de videoconferencias y la utilización de herramientas colaborativas y de servicios de almacenamiento en la nube.

Con la aparición de la COVID-19 muchas instituciones se han visto obligadas a parar y solo las que están más preparadas digitalmente son las que consiguen resistir los golpes de la crisis, provocada por un virus que ha dado la vuelta a todo nuestro mundo. Además, y de manera generalizada, se mantiene que toda la transformación digital que se está realizando actualmente se consolidará en el futuro. La pandemia ha acelerado aún más el ritmo del cambio y la velocidad de la transformación; la crisis provocada por ella ha venido para cambiarlo todo y con ella, la transformación digital efectiva puede ser una gran fortaleza para salir de esta liderando el cambio.

Son varios los puntos de vista que se perciben con respecto a la transformación digital, cuando se pone de manifiesto la situación actual con la crisis del coronavirus. Y aunque puedan parecer contradictorios entre sí, lo cierto es que todos ellos vienen a mostrar que la digitalización es una necesidad y que con ella se puede conseguir superar las consecuencias de la pandemia para las que nadie estaba preparado. Sin embargo, desarrollar una estrategia digital no es tarea fácil. Según estudios realizados más de 60 % de los encuestados aseguran que la crisis ha expuesto los puntos débiles de sus estrategias digitales y ha creado la necesidad de acelerar sus programas de transformación digital.

Este panorama no solo se manifiesta en las organizaciones, también a nivel de la población. A los ciudadanos les tocó hacer frente a la transformación digital dentro de sus hogares: teletrabajo, teleestudio, telemedicina, compras virtuales, son tan solo algunas de las cosas a las que muchos tuvieron que enfrentarse por primera vez, con un denominador común: la conectividad; sin

Internet esta situación hubiera sido muy diferente. Hoy más que nunca existe una enorme demanda de contenidos digitales, a través de los cuales niños y familias puedan divertirse, jugar y aprender de una manera innovadora y disruptiva. Mediante la tecnología pueden compartirse actividades artísticas, deportivas, educativas y lúdicas.

La transformación digital impulsada por una pandemia en una economía incierta, probablemente no sea el escenario que la mayoría de líderes tecnológicos esperaban, pero que han mostrado su capacidad para ayudar a cambiar la trayectoria de una organización y agregar valor. En reacción a la COVID-19 se ha visto cómo en días, muchas empresas y administraciones públicas han instrumentado modelos de trabajo remoto; han formado a sus empleados en soluciones digitales –mediante plataformas digitales–, en las que no estaban habituados a trabajar; han adaptado procedimientos e impulsado un modo de trabajo colaborativo digital. Este proceso de cambio ha sido llevado a cabo con mayor agilidad y éxito, por aquellas organizaciones que poseen un alto grado de digitalización.

Algo relevante que se ha expresado en este nuevo entorno, es que asociar la transformación digital únicamente con la tecnología resulta un error. La transformación digital per se tiene que ver más con las personas que con la implementación tecnológica. Se ha mostrado que la TD no depende tanto de la infraestructura y las soluciones tecnológicas con las que se cuenta, sino de la capacidad de maximizar su eficiencia y utilidad por parte del equipo humano. Sin duda, donde se había realizado un esfuerzo por potenciar la gestión del talento y sincronizar el conocimiento tecnológico con las capacidades humanas, se tuvo mayores probabilidades de superar con éxito esta crisis.

La transformación digital acelerada por la epidemia ha provocado que los líderes busquen dar respuesta a preguntas como: ¿La infraestructura tecnológica estaba correctamente preparada? ¿La estrategia digital había contemplado riesgos que me han ayudado a solventar la situación? ¿Qué áreas de la organización han sufrido más el impacto de la situación por exceso o reducción de carga de trabajo? ¿Las competencias digitales del personal son las adecuadas? ¿Se cuenta con los socios tecnológicos adecuados y se tienen en la plantilla todos los perfiles especializados necesarios? ¿Se cuenta con una buena base tecnológica para abordar la automatización?

Al responder a estas interrogantes, se generan transformaciones que conducen hacia una «nueva normalidad», donde la demanda por servicios digi-



tales registra un crecimiento sostenido. Ejemplo de ello es el crecimiento de ofertas a través de páginas de *e-commerce* y billeteras digitales. El debate entre la tienda física frente al comercio electrónico hace tiempo que acabó, ya que los *retailers* se han dado cuenta de que necesitan adoptar estrategias basadas en la inteligencia de negocio, centradas en el conocimiento del cliente, que se puedan desarrollar en todos los canales mediante un enfoque digital, aprovechando las nuevas funciones digitales y, en concreto, la Inteligencia Artificial (IA). Todos conocemos la función de Amazon: «Los clientes que compraron este artículo también compraron [...]». Los algoritmos de recomendación son una aplicación relativamente sencilla de la IA. Debido a la reciente aceleración de las compras *online*, la convergencia de los canales físicos y digitales es ya imparable.

Entre otras manifestaciones del cambio en el entorno de la informatización social, están el incremento de consumo *online*, la formación digital y el teletrabajo. Estos han puesto de relieve habilidades blandas o *soft skills*, que son esenciales en la cultura organizacional para hacer frente al contexto: resiliencia, tolerancia, gestión de incertidumbre, cooperación a distancia, adaptabilidad, innovación, autoexigencia, creatividad y espíritu emprendedor. El teletrabajo, así como una oferta de productos y servicios que se servían principalmente mediante tecnologías digitales, se convirtieron de un día para otro en la única realidad.

Para un gran número de empresas, el teletrabajo se ha convertido en la norma y, con ello, han cambiado las necesidades tecnológicas de la propia organización y sus usuarios. Tal es el caso de las modalidades de trabajo presencial reemplazadas hoy por modalidades 100 % de trabajo remoto, que optimizan capacidades y muestran mejores índices de eficiencia de los recursos. De hecho, durante el confinamiento por la crisis del coronavirus, el teletrabajo se convirtió en la vía para hacer compatible el mantenimiento de las actividades productivas con las medidas de sanidad implementadas: una opción necesaria y novedosa para muchos trabajadores.

La adopción del teletrabajo no ha sido tan espontánea ni sencilla. En el plazo de pocos días se debieron instrumentar los modelos de trabajo remoto, reformular las lógicas de interacción entre los trabajadores y de estos con los usuarios, implementar soluciones digitales para continuar con las rutinas laborales, adoptar procedimientos de comunicación virtuales e impulsar nuevos modos de trabajo colaborativos sin afectar la motivación y el compromiso de sus recursos.

La transformación digital en las empresas ha ido mucho más allá de la tecnología, significando un cambio acelerado en la adopción no solo de habilidades virtuales, sino también de capacidades blandas, y en la puesta en marcha de iniciativas que fuesen capaces de maximizar la flexibilidad y creatividad de su personal, para que esta crisis tenga el menor impacto posible en la propuesta de valor de las organizaciones. Algunos elementos negativos de este cambio de comportamiento laboral, ha sido la aparición del llamado tecnoestrés y la hiperconexión digital, la falta de costumbre de trabajar desde casa ha llevado a estar 12 horas conectados y queriendo incluso dar más de lo que habitualmente se hace en el puesto de trabajo tradicional.

La necesidad de implementar el teletrabajo y otras medidas de aislamiento, a raíz de la pandemia, hizo que muchas organizaciones se volcaran al modelo de negocio *online* en sintonía con la economía 4.0, como salvoconducto para asegurar la supervivencia de sus organizaciones y las fuentes de trabajo. La llegada de la pandemia impuso el teletrabajo y dejó casi sin efecto la discusión sobre si la digitalización crearía o destruiría empleos. Ahora, el debate es si apostar por una profunda y radical transformación digital en ellas o solo por una adaptación transitoria. Los elementos principales incluyen: migrar de sistemas locales a nubes híbridas, modernizar el *software* financiero y operativo, mejorar la experiencia de los clientes al usar la tecnología y crear un entorno de trabajo más dinámico y flexible.

A estas alturas, la mayoría de las compañías han adoptado herramientas para el teletrabajo, como almacenamiento en nube, programas colaborativos y plataformas de videoconferencias. Empresas de todo el mundo han adaptado su dinámica de trabajo durante la pandemia y han adoptado el uso de la tecnología para proporcionar acceso a datos y redes, realizar videoconferencias, utilizar herramientas de colaboración y servicios en la nube. Se ha trabajado para disponer de soluciones digitales seguras y flexibles, de protocolos claros de actuación, de procedimientos de contingencia testados y, sobre todo, de profesionales debidamente capacitados y preparados en tecnologías aplicadas a nuestra profesión. Todo ello con el fin de adaptarse y garantizar el mismo nivel de servicio y de canales de comunicación fluidos entre nuestros propios equipos, nuestros clientes y los organismos pertinentes en cada país.

La crisis de la COVID-19 ha acelerado y evidenciado como indispensable la necesidad de abordar diferentes retos tecnológicos:

- Infraestructura tecnológica para el trabajo ubicuo (teletrabajo).
- Despliegue de un ecosistema en la nube, adaptado a dispositivos móviles.
- Aceleración de los sistemas de ciberseguridad.
- Orientación al dato (organización *data-driven*).
- Democratización de soluciones de Inteligencia Artificial.
- Hiperautomatización y robotización de procesos.
- Plataformas de trabajo colaborativo, impulsoras de la innovación y la creatividad en las organizaciones.
- Estrategia orientada al cliente digital.
- Nuevos canales digitales de interacción con clientes.
- Plataformas *e-commerce*.
- Tecnologías *contactless*.
- Nuevas plataformas de aprendizaje *online*.
- Virtualización de experiencias.
- Extensión de soluciones *blockchain*.

Todas estas tecnologías configuran un catálogo de oportunidades y de inversión tecnológica muy amplia, que supone una profunda reflexión de identificación y priorización de iniciativas que aplican a cada empresa. Algunas ideas que pueden ayudar a los líderes de las organizaciones a avanzar en los cambios que se requieren son:

- Establecer (o mejorar) las metas de digitalización de la organización.
- Comunicar y buscar alianzas.
- Conocer qué está haciendo otro tipo de organizaciones en materia digital, eventualmente de otras industrias, para tomar lecciones que puedan ser aplicadas en la propia organización.
- Atraer talento o personas con experiencia digital desde otras organizaciones. Dado que toma tiempo formar personas en modelos de negocio digital, es posible incorporar temporal o permanentemente personas que conozcan los diversos procesos digitales para acelerar la transformación interna.
- Enfoque global u holístico. La transformación digital de una organización no puede aplicarse solo a una porción de la organización, sino que debe involucrar todas sus actividades.
- Acortar los tiempos de los procesos. La toma de decisiones rápida es fundamental en un entorno digital.

Entre las principales soluciones digitales implementadas están:

- Plataformas de colaboración empresarial, escalables y flexibles, para la interacción entre nuestros equipos y clientes, el intercambio seguro de nuestros datos y documentos, y la monitorización pormenorizada de los procesos.
- Herramientas de visualización de datos, tanto precisas para cubrir necesidades concretas de información de las autoridades públicas, como flexibles para alinearse a las preferencias de cada usuario.
- Soluciones que habiliten la firma electrónica de cara a agilizar el procesamiento virtual y garantizar la integridad de documentos de trabajo, junto a la gestión eficiente y controlada de los certificados digitales.
- Herramientas destinadas a la reingeniería y robotización de procesos desplegados por los equipos especializados en metodologías ágiles, para automatizar los procesos.
- Tecnologías de descubrimiento de conocimiento e Inteligencia Artificial, para adquirir la capacidad de realizar análisis prescriptivos y predictivos y ayudar a la toma de decisiones.

En resumen, algunos efectos directos de la epidemia han sido:

- La emergencia sanitaria causada por la pandemia ha propiciado lo que se ha denominado «empujón digital», en virtud del cual se ha acelerado la conectividad, lo que ha permitido continuar con una amplia proporción de actividades productivas, educativas, sociales, culturales, de entretenimiento, de comunicación e información, entre muchas otras.
- La disponibilidad, capacidad y acceso de las redes de banda ancha fija y móvil están dando soporte a las herramientas de comunicación y productividad.
- Este escenario de transformación digital en las organizaciones requiere de una condición fundamental, el acceso a Internet.
- Según un estudio publicado recientemente, con la COVID-19 el uso de Internet se incrementado cerca de 60 % en los países de la OCDE.
- La computación en la nube ha permitido una mayor flexibilidad en el lugar donde trabajan los empleados.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> <https://innovationagenda.asia/asset/digital-transformation-business-impactcovid-19/>

- Un alto porcentaje de los profesionales ha cambiado sus prioridades de transformación digital a raíz de la pandemia.

Para los equipos TIC de las organizaciones surgen nuevos retos:

- La transformación digital trae consigo consideraciones adicionales para la seguridad informática.
- La dirección de TIC tiene un rol fundamental en el cambio de rumbo durante la pandemia. Su hoja de ruta no solo impactará en cada área de la organización, sino que de ello depende la propia continuidad del negocio.
- Los encargados de TIC deben redefinir sus objetivos y elegir los recursos y el momento adecuado para ejecutar sus estrategias digitales. Esto requiere una visión completa e integrada de la estrategia de negocio y, sobre todo, la capacidad de priorizar.
- Siempre hay que tener en cuenta las capacidades del departamento de TIC, para establecer una estrategia de transformación digital realista y alcanzable.
- Una vez establecidos los servicios fundamentales es el momento de priorizar las necesidades tecnológicas de la empresa.
- Con el auge del teletrabajo es inevitable que surjan más problemas técnicos de lo habitual. Para evitar la saturación del equipo de TIC es conveniente informar a los empleados sobre las pautas de uso de *software*, así como establecer unas normas para evitar los virus.
- Ante un aumento de peticiones de soporte, especialmente en grandes empresas, reforzar el equipo de IT podría ser otro objetivo prioritario.
- Una parte importante de profesionales de TIC se sienten más estresados que nunca en el trabajo.

## **Transformación digital y COVID-19: caso Educación**

Un ejemplo ilustrativo del impacto de la epidemia es el del sector educativo que, de manera abrupta, tuvo que dar la vuelta a su modelo, implementando canales digitales para continuar con su calendario escolar. La transformación digital ha estado presente en la agenda de los centros educativos durante años, pero a pesar del gran progreso en varias instituciones, la mayoría seguía siendo un objetivo a largo plazo, hasta que llegó la pandemia.

La contingencia sanitaria por el SARS-CoV-2 resaltó las carencias de la educación pública. El adaptar las clases al entorno digital, como consecuencia del distanciamiento social, no ha sido una tarea fácil para muchas instituciones educativas, ni para sus profesores y estudiantes. En el caso de las universidades, el modelo educativo influye en su capacidad de reacción. Las universidades que habían iniciado una transición a la digitalización antes de la pandemia y contaban con una infraestructura tecnológica, ya tenían cierta experiencia en el desarrollo de una cultura digital, con estudiantes y profesores más adaptados a mecanismos como trámites digitalizados y cursos presenciales dictados en un formato híbrido y con el contenido curricular en línea.

Según el estudio presentado en Vázquez González & Romero Hidalgo (2020), que utiliza como caso de estudio la Universidad de Guanajuato, la contingencia sanitaria derivada de la propagación del virus SARS-CoV-2 aceleró la incorporación de más servicios, sobre todo relacionados con los trámites de prestaciones laborales a los trabajadores de la institución. Pero también fue una oportunidad para que personas que antes del confinamiento acudían de manera presencial a las ventanillas para realizar trámites, porque se resistían a usar la tecnología, a partir de la contingencia utilizan en mayor medida los servicios que se encuentran alojados en la Intranet universitaria, herramientas que les facilitan tiempo y recursos con motivo de su traslado físico. La gestión del conocimiento y la transformación digital coadyuvan a que la organización se mantenga en constante evolución y se adapte a las circunstancias del entorno.

Algunas de las herramientas que incrementaron el uso de la Inteligencia Artificial y que seguirán vigentes aún después de la pandemia son:

- Plataformas LMS (*Learning Management System*): si bien tanto profesores como alumnos aprendieron a utilizar esta herramienta sobre la marcha, los beneficios que ofrece son la posibilidad de generar un aprendizaje constante y actualizado a través de la interacción entre tutores y alumnos.
- Simuladores virtuales: el uso de simuladores virtuales ayuda a crear y promover entornos de aprendizaje, donde por medio de la simulación los estudiantes pondrán a prueba sus conocimientos teórico-prácticos, sin necesidad de estar presente en un laboratorio físico.

La pandemia está transformando el modelo de aprendizaje y fuerza a que la comunidad educativa garantice que los estudiantes tengan la misma igualdad

de oportunidades para acceder a las tecnologías. Sin embargo, esto no ha estado libre de aspectos donde se han manifestado limitaciones para superar, que se pueden sintetizar en:

- Desconexión tecnológica: un porcentaje importante de los hogares de América Latina y el Caribe no están debidamente equipados para recibir clases.
- Desconexión personal: las preocupaciones económicas de los estudiantes encabezan la lista de prioridades que deben ser atendidas primero que las clases.
- Desconexión pedagógica: se presenta ante la falta de preparación para dar clases vía digital, las cuales no son las mismas que se requieren para hacerlo de modo presencial.

Muchos estudiantes en la región tienen dificultades para acceder a computadoras o no tienen conectividad a su disposición, lo cual incrementa la tasa de abandono de las aulas. El efecto psicológico del confinamiento impacta la capacidad de aprendizaje de los estudiantes. Muchos viven en ambientes poco favorables para poder adaptarse a los formatos virtuales, considerando las condiciones de su hogar, la disposición de red y el debido acceso a las tecnologías requeridas.

Una de los elementos del proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA) que mayor déficit ha manifestado, es la carencia de instrumentos de evaluación o acreditación de los saberes del estudiante en un contexto de enseñanza virtual. La evaluación virtual presenta diferencias con la presencial, por lo que se genera la necesidad de desarrollar otras metodologías que respondan al contexto. Considerando que la formación y experiencia en la docencia virtual son escasas, se ha producido una deficiencia en las normativas y la legalidad, que cobijan los métodos de evaluación. Hay pocos profesores capacitados para la teleeducación.

Otra consecuencia es la paralización de la investigación en el contexto de la pandemia. Como consecuencia de los protocolos de distanciamiento social impuestos, se ha visto comprometida la capacidad de investigación de las universidades. En muchos de los proyectos científicos se requiere el acceso a laboratorios y otros elementos que obligan a la presencialidad.

En Cuba fue necesario aprender de las nuevas circunstancias impuestas por la COVID-19, y asumir el compromiso de cambiar y transformar sus instituciones educativas. Se ha permitido avanzar en la preparación de los docentes

para enfrentar situaciones como estas, y se ha incrementado la producción de medios y recursos para la transformación digital en la enseñanza, las investigaciones y las tecnologías educativas en el sector.

Para el panorama pospandemia se pueden observar los siguientes cambios, que en su mayoría son positivos, tanto para estudiantes como para profesores:

- Incremento del modelo de aprendizaje híbrido: actualmente se cuenta con una mayor comprensión sobre el uso de las herramientas digitales, las cuales beneficiarán para fomentar la discusión, el debate y la práctica guiada.
- Redefinición del papel del profesor: los alumnos pueden acceder con una mayor facilidad al conocimiento, por lo cual el papel de los profesores deberá caminar hacia convertirse en un facilitador o guía para la adquisición de conocimientos.
- Surge un nuevo modelo de práctica docente que trasciende a la emergencia. Más que la implementación de una estructura de educación en línea, se está desarrollando un proceso de educación remota emergente. Reconociendo que esta educación tiene características y metodologías pedagógicas diferentes a las presenciales, de cara al futuro hay que pensar en un formato mixto que combine la noción presencial y la noción virtual de manera funcional. La modalidad actual funciona como respuesta a una emergencia, pero hay que desarrollar estrategias que sostengan este nuevo modelo en el mediano plazo.
- La modalidad y la dinámica del docente virtual es diferente a la del docente presencial. Hay que desarrollar la legitimidad de los profesores que se inician en el mundo virtual, definiendo instrumentos efectivos para acreditar los saberes.
- Las dinámicas de una evaluación efectiva en un contexto de educación presencial se han revelado diferentes a las de un contexto de educación virtual. Por consiguiente, hay que desarrollar instrumentos de evaluación oportunos para la teleeducación.
- La transformación digital universitaria no es una simple mutación digital, sino que ha galvanizado una transformación cultural en la experiencia universitaria. En efecto, las universidades deben reformarse porque la sociedad también lo está haciendo.
- Es importante no abandonar el modelo presencial, a la vez que seguir desarrollando la modalidad virtual. La digitalización llegó para quedarse, pero el valor



del campus como espacio educativo sigue siendo irremplazable. Hay asignaturas que no se van a poder abrir porque requieren proximidad y contacto.

¿Qué sucede cuando existe la posibilidad de volver a las clases presenciales y devolver el equipo al estudio? Es en ese punto donde existe la oportunidad: ¿Por qué volver al método anterior? La solución más sencilla es volver a la dinámica previa al confinamiento; sin embargo, existe una oportunidad única de ofrecer la combinación de ambas.

## **Transformación digital y COVID-19: caso Salud**

Sin la ayuda de las tecnologías es probable que los contagios, las muertes y la escasez de alimentos en esta terrible crisis sanitaria, hubieran sido aún mayores. Este hecho ha validado a las tecnologías ante diversas audiencias y ha hecho pensar a muchos en apostar aún más grande por ellas. Así, el mundo pospandemia será mucho más digital en casi todas las actividades humanas, entre ellas el campo de la Salud.

Hace tan solo unos meses las salas de espera de cualquier centro de Salud estaban llenas de pacientes. La forma de trabajar no había cambiado en años, salvo algún tímido avance técnico en diferentes sectores. Hoy el estado es otro.

La salud electrónica es un campo emergente en la intersección de la informática médica, la Salud pública y las empresas, que se refiere a los servicios de Salud y la información entregada o mejorada a través de Internet y las tecnologías relacionadas. En un sentido más amplio, el término caracteriza no solo a un desarrollo técnico, sino también a un estado de ánimo, una forma de pensar, una actitud y un compromiso para el pensamiento global en red, para mejorar la atención médica a nivel local, regional y mundial, mediante el uso de tecnología de la información y la comunicación.

¿Qué está en desarrollo?

- Telemedicina: ha permitido realizar monitorización en remoto de pacientes. Ha favorecido la comunicación con otras especialidades y la vía telefónica ha sido sustituida por medios telemáticos más o menos avanzados. En tiempos de COVID-19 está siendo un recurso fundamental.
- Revolución digital.
- Agendas personalizables, flexibles.

Es absolutamente esencial que se continúen creando sistemas de almacenamiento para recopilar y analizar fácilmente datos clínicos e información pública, y hacerlos accesibles dónde y cuándo se necesiten, para que las personas, los proveedores de atención y los líderes de Salud pública puedan tomar decisiones informadas. A medida que la interoperabilidad hace que los datos y la información sean más accesibles, se tendrá que trabajar de forma integrada para abordar las limitaciones técnicas y reglamentarias que impiden el flujo de información, mientras se protege la seguridad y privacidad de la información de salud personal.

El impacto desproporcionado del coronavirus en las comunidades vulnerables, también ha destacado la importancia de los determinantes sociales de la salud, en particular el tema del acceso desigual a la atención médica. Las soluciones de salud digital ofrecen importantes oportunidades para identificar problemas sistémicos, que refuerzan las inequidades en la atención médica y brindan herramientas poderosas para mejorar el acceso a tratamientos y cuidados de alta calidad.

Ahora está más claro que nunca que la tecnología digital es esencial para detectar, tratar y gestionar no solo enfermedades altamente infecciosas, como la COVID-19, sino también para impactar a una amplia gama de desafíos de salud que se enfrentarán en las próximas décadas.

Tan importante como la increíble aceleración en el uso de soluciones de Salud digital es el cambio cultural que comenzó a afianzarse en todo el ecosistema de la atención médica. Lo que se ha visto es que la mejor respuesta a la COVID-19 llega cuando existen sistemas coordinados para recopilar, compartir y analizar datos; cuando los sistemas de Salud rediseñan sus modelos de prestación de atención para permitir que las personas se conecten con los médicos de forma remota; y cuando las capacidades de respuesta rápida y efectiva se construyen sobre pruebas, rastreo y trazabilidad.

## **Comentarios finales**

Tras un año marcado por la digitalización de los procesos laborales y la virtualización en los vínculos, es innegable reconocer que también se han generado cambios en los comportamientos de los usuarios-consumidores. Esta conversión ha inducido la aceleración de la transformación digital en todos los tipos de organizaciones y en sus modelos de operación.

La pandemia aceleró muchas cosas de la transformación al interior de las organizaciones, y en la vida misma. El regreso a la normalidad no será lo mismo, pues como muchos dicen, llegaremos a una nueva normalidad. Por supuesto, habrá mucho que corregir en el camino y seguiremos aprendiendo, pero obligados o no, preparados o no, a medias o con todos los recursos sobre la mesa, ya estamos viviendo la transformación y echar para atrás no es una opción.

Es un hecho comprobado que las organizaciones que antes de vivir la pandemia le apostaron a la transformación digital, impulsada desde el equipo directivo, hoy en día sufren menos los efectos económicos adversos de la crisis y logran garantizar no solo los empleos a sus colaboradores, sino la continuidad de su negocio.

La COVID-19, hasta cierto punto, se ha convertido en un instrumento de medición para saber cuan preparados estábamos a nivel privado y público en la ruta de la transformación digital. Las organizaciones han tenido que responder de manera inmediata, desarrollando e implementando soluciones digitales, automatizando procesos y soluciones en la nube, así como dándole facilidades a sus colaboradores para realizar trabajo remoto y, de ese modo, resguardar su integridad; aquellas que no lo han hecho se han visto forzadas a parar su operación. La situación causada por la pandemia ha forzado la adaptación en el corto plazo, pero debe verse como un paso o un salto hacia la transformación digital, ofreciendo más flexibilidad a los clientes y empleados, y potencialmente abriendo nuevas oportunidades de ingresos.

Se debe utilizar el aprendizaje de esta crisis para priorizar la transformación tecnológica. También debemos aprovecharlo para incrementar nuestra resiliencia, es decir, una mayor capacidad de sobreponernos a cualquier incidente interno o externo que impacte en nuestra actividad, reforzando la solidez de la digitalización y automatización de procesos, la continuidad, la resiliencia de las operaciones y la rapidez de respuesta.

No sabemos cómo se vea ese mañana después de la COVID-19, lo que sí sabemos es que requerirá no solo de una mayor conectividad, de más y mejores canales digitales, sino también de una mente abierta para adaptarse como seres humanos. Si bien aún no sabemos cuándo será el final de la crisis sanitaria, es importante que los líderes se encuentren preparados para manejar de manera efectiva un futuro más digital. La revolución 4.0 no es solo un tema tecnológico; también mental, de actitud. Esta pandemia nos lo está demostrando. La reinención estará apalancada en lo digital.

## Referencias bibliográficas

- Cuenca-Fontbona, J., Matilla, K. & Compte-Pujol, M.: “Transformación digital de los departamentos de relaciones públicas y comunicación de una muestra de empresas españolas”. *Revista de comunicación*, 1(19), 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.26441/RC19.1-2020-A5>.
- Eysenbach, G.: “What is e-health?”. En *J Med Internet Res.*, 3(2), 2001.
- Lesgold, A., Lajoie, S., Bunzo, M. & Eggan, G.: “Sherlock: A Coached Practice Environment for an Electronics Troubleshooting Job”. En J. H. Larkin and R. W. Chabay (Eds.), *Computer-Assisted Instruction and Intelligent Tutoring Systems: Shared Goals and Complementary Approaches*, Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 1988.
- Lombardero, L.: “*Trabajar en la era digital*”. *Tecnología y competencias para la transformación digital*, LID Editorial, Madrid, 2015.
- Van Lehn, K. et al.: *The Architecture of Why2-Atlas: A Coach for Qualitative Physics Essay Writing, Intelligent Tutoring Systems*, Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference, Springer Berlin Heidelberg, pp. 158-167, Berlín, 2002.
- Vázquez González, E. R. & Romero Hidalgo, J. A.: “La gestión del conocimiento en el proceso de transformación digital en tiempos de COVID-19 en una oficina de servicios de una institución de Educación Superior”. En *Derecom*, 29, pp. 213-224. Disponible en: <http://www.derecom.com/derecom/>
- World Health Organization: *Telemedicine. Opportunities and developments in member states*. Report on the second global survey on eHealth. Global Observatory for eHealth series, Vol. 2, World Health Organization, 2010 Disponible en: [http://www.who.int/goe/publications/goe\\_telemedicine\\_2010.pdf](http://www.who.int/goe/publications/goe_telemedicine_2010.pdf)

# El año 2020: la pandemia, la ciencia y la tecnología. Efectos en la transformación digital

ALEJANDRO ROSETE SUÁREZ / MARÍA MATILDE GARCÍA LORENZO / MAILYN MORENO ESPINO  
/ HUMBERTO DÍAZ PANDO / RAFAEL E. BELLO PÉREZ

El año 2020 modificó mucho la vida en el mundo, a partir de la extensión de la pandemia, lo que condujo a hablar de la emergencia de una «nueva normalidad», que se empezó a mencionar sin que hubiera signos de que la pandemia se estuviera acabando (Mallapaty, 2021a). De hecho, a la altura de febrero de 2022 aún la situación está lejos de estar controlada y ya en algunos espacios muy respetados se habla de las posibilidades de nuevas pandemias y cómo podrían darse esas condiciones (Mallapaty, 2021b).

En cualquier caso, la pandemia y la forma de enfrentarla ha derivado en varias formas de ver el mundo, que conllevan nuevas formas de entender la transformación digital, con implicaciones para la ciencia y la tecnología (Nature, 2021). En estas páginas, sin intención de ser exhaustivos, se pretende presentar los efectos fundamentales que ha provocado la pandemia en la transformación digital. Particularmente, se comienza mencionando los cambios tecnológicos fundamentales de 2020, para luego comentar sus efectos fundamentales en campos muy importantes, como las ciencias, las empresas y los procesos formativos.

Aunque en varios aspectos hay matices que diferencian la importancia de cada uno de los aspectos mencionados en Cuba (Díaz-Canel y Núñez Jover, 2020), en relación con lo que sucede internacionalmente, se ha tratado de evitar la profundización en las diferencias. De hecho, la aceleración de la mejora de la infraestructura de comunicaciones en Cuba, en los últimos 3 años, ha sido significativa (Carmona *et al.*, 2020). Esto hace que la brecha que nos separaba en algunos de los aspectos, se haya acortado respecto a los países más avanzados, y el año 2020 haya traído una difusión del uso de muchas tecnologías modernas por todo el territorio nacional.

Los autores aportan su visión personal con la que no aspiran a tener un consenso sobre ellas y en todo caso servirán para generar un importante debate

sobre el entorno que se desprende a partir de esa fecha. En algunos casos se aportan algunas referencias que sustentan lo afirmado, pero se ha evitado ser muy abundantes en citas, por haber demasiadas disponibles para poder ampliar sobre los temas tratados. Solo se han incluido las que se consideran esenciales para fundamentar, entender y complementar algunas de las afirmaciones.

Se ha organizado la exposición en forma de plecas, de modo que cada una aporte un elemento singular en el análisis. En la medida de lo posible, se han ordenado buscando coherencia en tratar un matiz antes de pasar a otro. No obstante, al existir muchas interconexiones entre los diferentes aspectos, es difícil lograr una secuencia en que no haya recurrencias. Se han organizado los comentarios en cuatro secciones que se enfocan en diferentes aspectos: cambios esenciales, efectos en la ciencia, implicaciones para las empresas y cambios derivados en el sector educativo.

Estos distintos focos han permitido mostrar diferentes aristas de lo que 2020 ha provocado, pero los solapamientos son inevitables. Sin embargo, los autores creen que esta exposición permite comprender que el mundo ha pasado a una nueva situación, a partir de los cambios provocados por la COVID-19 y que en esta nueva situación, la forma de ver la transformación digital también ha cambiado de forma drástica.

¿Qué cambios tecnológicos trajo el año 2020?

- Movimiento de muchos procesos del mundo real al mundo virtual (comercio, Gobierno, eventos científicos, educación, etcétera).
- Reducción de los movimientos físicos, lo cual ha implicado el aumento de la teleactividad, con muchos matices según la rama concreta en que se haya producido.
- Aumento del comercio electrónico y el uso de plataformas de intercambio electrónico y académico-formativo.
- Aumento del uso de plataformas de ocio (juegos, música, televisión, cine) en Internet, y en el tráfico hacia y desde estas, lo que implicó inversiones en tecnologías para soportar el incremento.
- Crecimiento de la importancia de las redes sociales como fuentes de información (y también de desinformación). Esto se ha magnificado al convertirse en casi el único espacio para socialización (Kreps, 2020).
- Aumento de la importancia de los datos, y dentro de ello, de la información geográfica (Nature, 2021). Se reconoce más la importancia en la estandariza-

ción, normalización y formalización en la captura de datos, para ser usados en análisis posteriores (Poduska, 2021).

- Mayor confianza en los métodos avanzados de análisis de datos, incluyendo los de Inteligencia Artificial (IA), con destaque para los de aprendizaje automático y en especial el denominado aprendizaje profundo (Davis, 2020b).
- Reducción notable del comercio internacional y contracción de muchas de las más grandes economías (Telesur, 2021). Particularmente, sectores como el turismo son muy afectados por la pandemia (Izquierdo, 2021).
- Evidencia de una mayor claridad hacia considerar al componente científico-tecnológico como un frente muy importante de enfrentamiento entre potencias (Guerra, 2021). Se tiene más conciencia del papel de las nuevas tecnologías en la concepción estratégica del mundo, y por eso en las reuniones de líderes mundiales se habla sobre IA y de la tecnología de comunicación de quinta generación (5G), por su importancia estratégica para la economía mundial, al considerarse que son los principales pilares para la venidera digitalización de la economía (Telesur, 2021)
- El tema de la IA es tan activo hoy, que varios países han asumidos diversas estrategias que han dado lugar a comparaciones (Fátima *et al.*, 2020). La carrera armamentista está siendo reemplazada por la carrera de la Inteligencia Artificial (Katasonov, 2020). Incluso, en este contexto de enfrentamiento tecnológico se empieza a hablar de nuevas formas de guerra fría (Guerra, 2021).
- Se ha hecho común el análisis de las diferentes estrategias nacionales respecto a la IA. En este sentido, se considera que la estrategia IA de China es la más ambiciosa, a partir de un análisis de varias de las estrategias IA que algunas potencias han lanzado, dado por la combinación que tienen de talento humano, compañías, investigación y capital para poder pensar en crear un ecosistema que lidere el mundo en este tema (Westerheide, 2020). La estrategia de Estados Unidos sobre IA también ha recibido atención de la revista *Science* (Mervis, 2021).
- Aumento de la percepción de la importancia de las criptomonedas en el comercio electrónico y la tenencia de activos de forma virtual. Algunos especulan sobre la posible declaración del bitcoin como ilegal, ante los retos que implica su control (RT, 2021a).
- Incremento en las inversiones en tecnologías por parte de los gobiernos, para hacer frente a las demandas de los nuevos escenarios, aunque aún hay

muchas incertidumbres sobre la evolución futura de la pandemia y de la mejor forma de enfrentarla (Schiermeier, 2021).

- Quedan aún muchas incertidumbres sobre si el peor momento de la pandemia ya pasó y si ha comenzado realmente el principio del fin de la pandemia (Mallapaty, 2021a). Aunque ha habido avances, restan varias dudas sobre el origen de la epidemia, lo cual es esencial para entender las posibilidades de que situaciones similares se repitan (Mallapaty, 2021b).
- Según la revista *Nature* (Nature, 2021), algunos de los hitos de las tecnologías digitales en 2020 son: aumento de la importancia de los medios sociales en la búsqueda de noticias e información, *Edge Computing* y 5G, las tecnologías de vacunas, tecnologías electrónicas de monitoreo de señales fisiológicas, aprendizaje en línea (Nature, 2021).
- Las tecnologías que gestionan datos que permiten hacer seguimiento de los movimientos de las personas, son cada vez más relevantes en la evaluación de las estrategias de enfrentamiento y se consideran también en el sentido estratégico (Schiermeier, 2021). Por ejemplo, se ha visto (a través del uso de modelos para estudiar y simular el efecto de los controles fronterizos en la COVID-19), que no siempre los resultados se corresponden con lo esperado y que su utilidad depende de la situación concreta (Mallapaty, 2020). Entre las vías para hacer seguimiento de personas como vía de control de la pandemia, se reporta el uso de la información guardada en Facebook para estudiar los traspasos de las fronteras (Khan, 2021).
- Los avances logrados durante los últimos años, en la informatización de Cuba, se aceleraron en 2020, cuando mostraron su utilidad en el contexto COVID-19, entre los que destaca el incremento de la penetración de Internet y el uso de dispositivos móviles (Carmona *et al.*, 2020), así como la aparición de mayores posibilidades para aprovechar estos avances en nuestra informatización, de modo más efectivo, con ayuda de la IA y la integración, y en los que la geocodificación desempeña un papel importante (Rosete *et al.*, 2020a).

¿Qué enseñó para las ciencias?

- Proliferación de esquemas de cooperación para lograr resultados en corto tiempo, especialmente el papel de la innovación en la solución de problemas, así como el incremento de proyectos de I+D multidisciplinarios exitosos. Tecnologías de punta que combinan modernos materiales, diseños bioinspira-



dos y tecnologías inteligentes, han logrado alcanzar retos notables, como la visita a los puntos más profundos de los océanos (Baker, 2021).

- Igualmente, la combinación de modelos matemáticos, IA y herramientas de simulación, han permitido evaluar diferentes estrategias para la vacunación contra la COVID-19, así como diferentes estrategias de priorización (Bubar, 2021). Otro resultado impactante fue conectar de forma inalámbrica un cerebro a una computadora, de forma que se pudo captar y decodificar las señales en el cerebro humano, y transmitir las (CubaDebate, 2021).
- La urgencia de encontrar vías para enfrentar la pandemia, obligó a la reducción de los tiempos de publicación de algunas revistas, sobre todo en los temas vinculados a esta, incluyendo la proliferación de publicaciones abiertas bajo un esquema de publicación rápida en arXiv (Rosete *et al.*, 2020b).
- La tensión por publicar ha provocado también un auge de los artículos con información falsa o que incumplen algunos principios éticos (Else y Van Noorden, 2021).
- Existencia de mayor cantidad de información científica libre de calidad, como forma de apoyar la lucha contra la COVID-19. Por ejemplo, grandes editoriales como Springer liberaron durante meses varios de sus catálogos de libros que podrían tener influencia en estos temas y algunas revistas también lo han hecho.
- Mayor conciencia del papel de la Inteligencia Artificial en muchas ramas, con implicaciones en temas muy diversos que van desde la concepción de nuevos fármacos, la secuenciación de ADN o el descubrimiento de nuevos objetos espaciales. Hoy se tiene más conciencia de sus posibilidades (Bullock *et al.*, 2020). Un resultado impactante muestra que usando algoritmos de aprendizaje automático para analizar muchos datos astronómicos, se han realizado gran cantidad de descubrimientos que superan la suma de ese tipo de hallazgos por humanos (Siegel, 2021). Igualmente, ha tenido impacto la demostración de *software* que pueden participar en debates en vivo, con oponentes humanos (Howe, 2020), o la capacidad de asignar artículos a los revisores (Hutson, 2021a).
- Mayor valoración de la importancia de los datos, del valor de estos y de la importancia de conservarlos y explotarlos (Bullock *et al.*, 2020).
- Reconfiguración de las ciencias con el empleo de muchas tecnologías previamente usadas con otros fines hacia el sector Salud, por ejemplo, para el rastreo de pacientes (Bullock *et al.*, 2020).

- Aumento de la importancia de los espacios virtuales de experimentación (*in silico*) como vía de acelerar los resultados (y descartar lo menos prometedor), para agilizar el camino hacia resultados en un contexto muy demandante y competitivo (Bullock *et al.*, 2020).
- Explicitación de la competencia por el liderazgo en ciencias más avanzadas entre las principales potencias mundiales. Esta guerra entre grandes potencias para dominar tecnologías de punta como la IA, por ejemplo, se han hecho análisis específicos de países líderes como China según aspectos éticos y regulatorios (Roberts *et al.*, 2021).
- Mucho mayor reconocimiento gubernamental del papel de la ciencia (Díaz-Canel, Núñez Jover, 2020), así como la promoción del papel de la ciencia en función del beneficio de las personas, en la prensa y las redes sociales.
- Aumento de la credibilidad de predicciones, a partir de grandes volúmenes de datos disponibles, como nuevas oleadas de pandemia o nuevos virus con probabilidades de convertirse en pandemia (Mallapaty, 2020).
- La simulación de los procesos humanos se ha convertido en un punto que se debe tener en cuenta a la hora de saber hacia dónde dirigir la toma de decisiones. Demostró que no siempre los modelos matemáticos tienen toda la verdad, hay que tener en cuenta modelos sociológicos.
- Celebración de muchos eventos por vías virtuales y demostración de la capacidad de la ciencia de funcionar por esa vía.

### ¿Qué enseñó a las empresas?

- Los cambios que ha desencadenado la COVID-19 han incrementado el uso de la IA y otras nuevas tecnologías. Eso está cambiando la forma en que se ven muchos servicios e industrias, incluso en sectores más resistentes a los cambios como es el sector de la Salud (Phaneuf, 2021). A partir de algunos resultados exitosos que han sido potenciados con la pandemia, muchas empresas han aumentado su inversión en estas tecnologías demandando nuevas soluciones en corto tiempo (Davis, 2020).
- En algunos sectores los cambios han sido drásticos con el uso de la IA, como ventaja estratégica dentro de la transformación digital, como es el caso del sector bancario (Digalaki, 2021). Hay otros aspectos en que se estima que tendrá grandes efectos a partir de 2021 como son la industria farmacéutica, el trabajo desde casa y las tecnologías de *Edge Computing* (Kesari, 2020).

También se considera que es muy notable la forma en la IA y la robótica que cambiará al sector de la Salud, personalizando servicios, mejorando el diagnóstico, reduciendo los costos (Ribeiro, 2021). Incluso, el papel de la IA también puede ser muy notable dentro de la misma informática, al permitir despliegues más eficientes de sistemas y con menos costos, optimizar la demanda a los servidores y planificar tareas (Ribeiro, 2021).

- Se hizo evidente una tendencia a resaltarse la importancia de las competencias digitales, lo que implica una mayor importancia de ellas en el contexto laboral, siendo necesarias para el personal para no ser sustituidos en el paso a nuevos esquemas de trabajo. La preparación de los trabajadores y las competencias requerida para un entorno diferente, es un tema muy activo (Amelia, 2020a) por las afectaciones a algunos tipos de trabajos. Esto está muy vinculado a los dilemas éticos de la IA, sobre lo que pasa cuando un sistema (por ejemplo, de IA) sustituye el trabajo de un humano (Harvey, 2020).
- Esto no solo ha tenido implicaciones en las tareas manuales, sino también a las tareas intelectuales. Entre las profesiones que están en peligro de ser sustituidas por las computadoras también aparecen trabajos muy tecnológicos, e irónicamente se incluye entre ellas la de Científico de Datos, a partir del uso de AutoML, para automatizar la preparación de los datos y el ajuste de los algoritmos, que son tareas muy tediosas dentro de la Minería/Ciencia de Datos (Chin *et al.*, 2021).
- Explicitación de otros dilemas éticos, que se hacen más agudos por las implicaciones del contexto sanitario, que se ha manifestado en la guerra financiera e informacional por insumos médicos y vacunas, pero también antes con características similares en el contexto de la tecnología 5G.
- Mayor valoración de la importancia de los datos y de los oficios asociados a ellos (ingenieros de Datos, científicos de Datos). Uno de los grandes problemas es que cómo promover que las entidades que coleccionan los datos, los compartan (Bullock *et al.*, 2020). Una forma diferente de preparar datos para Minería de Datos, alternativa a los almacenes de datos basado en el almacenamiento de rasgos, permitiendo que algunos puedan accederse de forma rápida para responder a las necesidades de las aplicaciones en línea (Dowling, 2020).
- Un aspecto importante es la concepción de los sistemas de Aprendizaje automático en partes integrables, desde una visión de ingeniería de *software*, que facilita la reutilización y el despliegue de soluciones estables en poco

tiempo (Bose y Aggarwal, 2020). En este sentido, MLOps se ve como forma de sobrevivir ante el aumento de las necesidades de desarrollar aplicaciones inteligentes en poco tiempo (Poduska, 2021).

- Mayor empleo de información geográfica para la toma de decisiones (Khan, 2021).
- Mayor realce de la importancia de las cadenas de suministros en la visión micro y macro, ante la necesidad de hacer llegar los productos y servicios a las personas ante la reducción de los movimientos. En esta misma dirección se manifiesta una minimización de reuniones presenciales, y proliferación del uso de muchas tecnologías de videoconferencia y canales informáticos.
- Proliferación del teletrabajo en muchas más variantes, así como la diversificación de las formas de planificación y control del mismo. Un ejemplo extremo de esta tendencia al teletrabajo ha llegado incluso a concebir una menor participación presencial del personal que cubrirá los juegos de Tokio, reduciendo a lo indispensable la presencia física en la capital nipona bajo estrictas medidas de bioseguridad (Ríos, 2021).
- En ese sentido, las empresas han comprendido que el trabajo a distancia es más rentable debido al ahorro de energía, agua y otros recursos. Igualmente, favorece un menor uso de papel y la necesidad de buscar mecanismos de firmas digitales para poder garantizar la autenticidad. El teletrabajo y el trabajo a distancia estableció nuevos retos en los ciclos de dirección de las empresas. En muchos casos se reformularon, tanto por directivos como por los subordinados, la forma de llevar a cabo la planificación, ejecución y el control de las tareas.
- En muchos casos se incrementa la productividad, entendiendo el teletrabajo o trabajo en casa como trabajo 24 x 7, lo cual implica poco descanso, quitar tiempo a las familias. Aumenta el riesgo de padecer el síndrome de burnout. Esto ha implicado una necesidad de mejorar la organización y planificación de las tareas laborales, para lograr un balance adecuado entre el trabajo y la vida familiar. Las redes también han cambiado formas de entender el medio laboral y detectar incomodidades de los trabajadores ante sus condiciones, que pueden haberse empeorado en condiciones de aumento del trabajo virtual (RT, 2021b)
- Aumento de la toma de decisiones certeras de directivos y empleados basados en tecnologías digitales. El empleado ya no tomará decisiones ba-

sadas en experiencias pasadas, sino que estará arropado por un equipo con tecnología digital que le ayuda a tomar una mejor decisión. Las nuevas tecnologías «[...] son fundamentales para que la industria energética pueda aprovechar las ventajas de los ecosistemas al tiempo que toma decisiones basadas en datos con rapidez y a escala [...]» (Cruz, 2021). Lo anterior ha llevado a cambios de comportamiento de directivos, empleados y clientes.

- Inversión en TIC, tanto en la empresa como en los domicilios de los trabajadores. Muchas empresas financiaron conexiones ADSL y por datos móviles a sus empleados. Mejora en las condiciones de trabajo en cuanto a distancia, ventilación y aumento de la higiene en los centros de trabajo. Auge de los servicios de *hosting* y *housing*, como vía para que las entidades pequeñas o con escasez de recursos puedan tercerizar estos servicios.
- Las empresas de tecnología y comunicaciones entendieron la necesidad de mantener siempre activos los servicios, dado el aumento de la demanda que ha ocurrido, tanto en el ámbito empresarial y personal, como en el ámbito de formación.
- Se ha propiciado una mayor articulación universidad-empresa y la creación de polos científico-productivos avanzados, como parte de la competencia empresarial (Díaz-Canel y Núñez Jover, 2020).
- Mayor valoración, por parte de los empresarios, de los resultados científicos generados por los centros del conocimiento, para su aplicación en los problemas de las empresas y así elevar la eficiencia en la ejecución de los procesos. En el caso de Cuba, la IA y otras tecnologías avanzadas son parte del componente de innovación que es vital en nuestras empresas, particularmente viendo la gestión de la innovación como un aspecto muy importante del desarrollo del país (Díaz-Canel y Delgado, 2020).
- Una de las tecnologías de IA que ha disparado su uso con la COVID-19 ha sido los *chatbot* (Davis, 2020a). Otro tema que se lanza como tendencia es la proliferación de sistemas de compras basados en voz (Amelia, 2020b).
- Las inversiones en IA vienen marcadas por las tendencias de los gigantes tecnológicos, que lo ven como un elemento esencial en las estrategias organizacionales al ser tecnologías disruptivas con impacto en el marketing, el manejo logístico, una mayor automatización de tareas complejas y en la predicción de demandas y posibles escenarios (Ribeiro, 2021).

## ¿Qué aportó a los procesos formativos?

- Todo el mundo académico, en todos los niveles formativos y contextos de desarrollo tecnológico, ha tenido que optar por vías virtuales para enfrentar los procesos formativos. El impacto a largo plazo de esta situación y el efecto real de lo que se ha podido lograr (en término del desarrollo de conocimientos, habilidades y valores), solo podrá evaluarse con el tiempo. Sin embargo, lo que sí ha quedado claro es que esta situación extrema obligó a pasar de la valoración de usar la vía virtual a la obligación de hacerlo.
- Esta proliferación del uso de la teleformación a todos los niveles, llegó incluso en procesos que se habían visto como inconvenientes. Ante el dilema de forma por vía telepresencial o no hacerlo, se han destapado opciones que no se habían empleado, que podrían dar lugar a valorar su conveniencia en el futuro.
- Aumento de la cantidad y calidad de información educativa presente en el mundo virtual. Muchas entidades educativas se han visto obligadas a crear y difundir recursos, lo cual haya hecho que existan más alternativas serias para la formación.
- El contexto de la Educación por vías virtuales hoy es mejor entendido, porque el contexto hizo que a todos llegara. Antes, un grupo reducido de personas que estaba limitado por condiciones de tiempo o espacio, era consciente de la necesidad y las características de este tipo de formación. El año 2020 hizo que todo el mundo entendiera este contexto de formación con sus pro y contra.
- La necesidad de pasar en poco tiempo a teleformación masiva hizo explícita las insuficiencias tecnológicas de algunas zonas y ahora puede ayudar a encauzar mejor las inversiones necesarias.
- También el cambio acelerado hacia este estilo de formación hizo evidentes las carencias en la preparación de los actores y las regulaciones para este contexto, lo cual puede acelerar algunos cambios de paradigma para próximas etapas, ya no por necesidad, sino por conveniencia.
- Lo anterior se manifiesta en la necesidad de capacitación del personal docente de todos los niveles de enseñanza, manejo de diferentes variantes y modalidades para esto.
- Igualmente, este nuevo contexto mostró la posibilidad de esta vía, lo cual hará más comprensible el mantenimiento de algunos de los cambios, esperándose una menor resistencia a algunos de ellos.

- La experiencia ha permitido identificar nuevos retos en la didáctica y evaluación durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. El nuevo contexto de formación a distancia y semipresencial evidenció las necesidades de cambio de paradigma con respecto a la forma de evaluación de los estudiantes y el desempeño del cumplimiento de los objetivos. Es todo un reto lograr saber la efectividad de la formación y la captación de conocimientos por parte de los estudiantes, así como la autenticidad de las evaluaciones realizadas.
- El cambio hacia la telepresencia y la teleformación ha sido un reto en cuanto a la percepción de la forma en la que los actores que preparan los materiales y brindan los servicios de formación, entienden desde el punto de vista de la usabilidad de las plataformas de Educación a distancia y las plataformas de formación digitales, ya que en ocasiones son poco usables y entendibles, y sobre todo consumen gran cantidad de disponibilidad de tráfico en la red, que conlleva a un colapso de los servicios de telecomunicación.
- Imperante necesidad del aumento del uso del *m-learning* y el empleo de todos los dispositivos móviles para poder potenciar el autoaprendizaje del estudiante.
- Viene a cobrar más importancia en el aprendizaje el uso de videos cortos, cápsulas formativas, para disminuir los gastos por transferencia de datos en las distintas redes y para lograr la atención de los estudiantes en los elementos más importantes.
- Relevancia del paradigma de aula invertida, donde los estudiantes tienen que adquirir y mejorar sus habilidades en el autoestudio y desarrollo de proyectos, de forma cada vez más autodidacta.
- Reto muy grande para los profesores, especialmente por el cambio de mentalidad que implica, para que los cursos que se impartan tengan una buena aceptación y asimilación por parte de los estudiantes.
- El aislamiento y los problemas asociados a la adquisición de las TIC puede conllevar a favorecer el trabajo individual sobre el trabajo en equipo de los estudiantes.
- Se incrementa la responsabilidad de la familia en los procesos formativos, sobre todo en las enseñanzas primaria y secundaria, lo cual se hace complejo, pues los miembros de la familia coexisten con sus propias tareas, y en ocasiones no tienen los conocimientos y las herramientas para asumir esta responsabilidad.

- Revistas importantes como *Nature* avivan el debate del papel que las TIC, basadas en la IA, pueden tener en la Educación, ajustando la enseñanza a las necesidades de cada aprendiz (Hutson, 2021a).
- Al estar más lejos los profesores de los estudiantes, se hace más importante el control de las otras influencias. En este sentido, el control de la desinformación es muy importante. En el contexto de la COVID-19 se ha visto lo que la IA puede ayudar contra la «infodemia» y es, por tanto, una posible vía para enfrentar este reto (Bullock *et al.*, 2020).
- El papel de la IA en la batalla contra la desinformación es un tema muy activo, en el que no dejan de aparecer las perspectivas políticas y reflejan la complejidad del tema (Kreps, 2020).

## Conclusiones

En este trabajo los autores han mostrado algunos de los impactos fundamentales que ha tenido el año 2020 en la forma de vivir los humanos. Se han comentado algunos de los efectos de este cambio en la ciencia, la vida empresarial y los procesos formativos. Se espera que algunos de estos cambios sean atenuados cuando se recupere una parte del estilo de vida anterior, lo que algunos llaman «nueva normalidad». Sin embargo, es posible que una parte importante de estos efectos sean duraderos, ya sea porque se mantienen algunas de las condiciones que lo originaron o porque sean vistos como oportunidades de mejoras.

## Referencias bibliográficas

- Amelia: The Essential Guide to Digital Employees, 2020(a). Disponible en: <https://amelia.com/essential-guide/>
- Amelia: Voice-Based AI Shopping Will Be the Next E-Commerce Battleground. March 12, 2020(b). Disponible en: <https://amelia.com/blog/voice-based-ai-shopping-will-be-the-next-e-commerce-battleground/>
- Baker, N.: How a soft robot survived the deepest ocean on earth, *Nature*, Video 05 March, 2021. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/d41586-021-00605-y>
- Bose, A. & Aggarwal, A.: MLOps-“Why is it required?” and “What it is”?, *KDNuggets*, 2020. Disponible en: <https://kdnuggets.us12.list-manage.com/track/click?u=4f2891ebb155b23f120ece0bd&id=95a2dab812&e=dd5273c8d3>



- Bubar, K. M.: Model-informed COVID-19 vaccine prioritization strategies by age and serostatus, *Science*, 2021. Disponible en: <https://science.sciencemag.org/content/early/2021/01/21/science.abe6959>.
- Bullock, J., Luccioni, A., Hoffmann-Pham, K., Nga-Lam, C. S. y Luengo-Oroz, M.: Mapping the Landscape of Artificial Intelligence Applications against COVID-19, 2020. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2003.11336>
- Carmona, E, Domínguez, L. E. y Rodríguez, K.: “Seis avances en la informatización durante 2020”. En *Cubadebate*, La Habana, 2020. Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/noticias/2020/12/28/seis-avances-en-la-informatizacion-durante-2020/>
- Cebrian, M.: “The past, present and future of digital contact tracing”. En *Nature Electronics* 4, pp. 2-4, 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41928-020-00535-z>
- Chin, J., Gowani, A., James, G. y Peng, M.: The Death of Data Scientists-will AutoML replace them?, *KDNuggets*, 2021. Disponible en: <https://kdnuggets.us12.list-manage.com/track/click?u=4f2891ebb155b23f120ece0bd&id=15e-11f6587&e=dd5273c8d3>
- Cruz, J.: El País. *Inteligencia Artificial y Big Data*, corazón de la refinera del futuro. Javier de la Cruz, 5 de abril, 2021.
- CubaDebate: “Científicos estadounidenses logran conectar un cerebro humano a una computadora de forma inalámbrica”. 3 de abril, 2021. Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/noticias/2021/04/03/cientificos-estadounidenses-logran-conectar-un-cerebro-humano-a-una-computadora-de-forma-inalambrica/>
- Davis, J.: “The State of Chatbots: Pandemic Edition”. En *Information Week*, 2020(a). Disponible en: <https://www.informationweek.com/big-data/ai-machine-learning/the-state-of-chatbots-pandemic-edition/d/d-id/1338841>, 9/10/2020
- Davis, J.: “How Enterprises Prioritized AI in 2020”. En *Information Week*, 2020(b), Disponible en: <https://informationweek.com/big-data/ai-machine-learning/how-enterprises-prioritized-ai-in-2020/d/d-id/1339499>, 11/24/2020
- Díaz-Canel Bermúdez, M. y Delgado, M.: “Modelo de gestión del Gobierno orientado a la innovación”. En *Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial*, septiembre-diciembre, Vol. 4, No. 3, La Habana, 2020. Disponible en: <https://apye.esceg.cu/index.php/apye/article/view/141>
- Díaz-Canel Bermúdez, M. y Núñez-Jover, J.: “Gestión gubernamental y ciencia cubana en el enfrentamiento a la COVID-19”. En *Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, Vol. 10, No. 2 (especial COVID-19), La Habana, 2020.

- Digalaki, E.: *The impact of artificial intelligence in the banking sector & how AI is being used in 2021*, Business Insider, 2021. Disponible en: <https://www.businessinsider.com/ai-in-banking-report>, Jan 13.
- Dowling, J.: *Feature Store vs Data Warehouse*, KD Nuggets, 2020. Disponible en: <https://www.kdnuggets.com/2020/12/feature-store-vs-data-warehouse.html>
- Else, H. y Van Noorden, R.: *The fight against fake-paper factories that churn out sham science*, Nature, 2021. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/d41586-021-00733-5>, 10 April, 2021.
- Fatima, S., Desouza, K. C. y Dawson, G. S.: *How different countries view artificial intelligence*. Brookings, 2020. Disponible en: <https://www.brookings.edu/research/how-different-countries-view-artificial-intelligence/>, Wednesday, June 17.
- Guerra, A.: “¿Nueva guerra fría?”. En *Cubadebate*, La Habana, 1 abril, 2021. Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/opinion/2021/04/01/nueva-guerra-fria/>
- Harvey, C.: *Data Science: How the Pandemic Has Affected 10 Popular Job*. Information Week, 2021. Disponible en: <https://informationweek.com/big-data/data-science-how-the-pandemic-has-affected-10-popular-jobs/d/d-id/1338837>, 9/9/2020.
- Howe, N. P. y Bundell, S.: *The AI that argues back*. Nature Podcast, 17 March 2021. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/d41586-021-00720-w>
- Hutson, M.: “AI conferences use AI to assign papers to reviewers”. En *Science*, April 03, 2021(a). Disponible en: <https://www.sciencemag.org/news/2021/04/ai-conferences-use-ai-assign-papers-reviewers>
- Hutson, M.: “Who needs a teacher? Artificial intelligence designs lesson plans for itself”. En *Science*, April 03, 2021(b). Disponible en: <https://www.sciencemag.org/news/2021/01/who-needs-teacher-artificial-intelligence-designs-lesson-plans-itself>
- Izquierdo, L. y González, A.: “El coronavirus deja al turismo en números rojos: ¿Cómo remontar este 2021?”. En *Cubadebate*, 2 La Habana, abril, 2021. Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/especiales/2021/04/02/el-coronavirus-deja-al-turismo-en-numeros-rojos-como-remontar-este-2021-podcast/>
- Katsonov, V.: “La carrera armamentista está siendo reemplazada por la carrera de la Inteligencia Artificial”. En *Cubadebate*, La Habana, 2020. Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/especiales/2020/08/27/la-carrera-armamentista-esta-siendo-reemplazada-por-la-carrera-de-la-inteligencia-artificial/>, 27 agosto.

- Kesari, G.: *Why Covid Will Make AI Go Mainstream In 2021: Top 3 Trends For Enterprises*, Forbes, 2020. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/ganeskesari/2020/12/21/why-covid-will-make-ai-go-mainstream-in-2021-top-3-trends-for-enterprises/?sh=2e09b82f797a>, Dec 21.
- Khan, M. F.: “Can Human Mobility Disruptions in Cities Be Seen in Near-Real-Time?”. En *TowardsDatascience*, 4 abril, 2021. Disponible en: <https://towardsdatascience.com/the-digital-tailwinds-of-pandemics-and-typhoons-cross-border-insights-from-facebook-mobility-data-763c493b5ecc>
- Kreps, S.: *The role of technology in online misinformation*, Brookings, 2020. Disponible en: <https://www.brookings.edu/research/the-role-of-technology-in-online-misinformation/>, June.
- Mallapaty, S.: *What the data say about border closures and COVID spread*. En *Nature News*, 2020. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/d41586-020-03605-6>, 22 December.
- Mallapaty, S.: “Has COVID peaked? Maybe, but it’s too soon to be sure”. En *Nature NEWS*, 18 March 2021(a). Disponible en: <https://www.nature.com/articles/d41586-021-00705-9>
- Mallapaty, S.: “After the WHO report: what’s next in the search for COVID’s origins”. En *Nature NEWS*, 01 April, 2021. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/d41586-021-00877-4>
- Mervis, J.: “U.S. law sets stage for boost to artificial intelligence research”. En *Science*, 2021. Disponible en: <https://science.sciencemag.org/content/371/6525/112>, April 03.
- Nature: “Editorial: Digital tech and the pandemic”. En *Nature Electronics* 4, 1, 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41928-021-00539-3>, 25 January.
- Phaneuf, A.: “Use of AI in healthcare & medicine is booming-here’s how the medical field is benefiting from AI in 2021 and beyond”. En *Business Insider*, Jan 29, 2021. Disponible en: <https://www.businessinsider.com/artificial-intelligence-healthcare>
- Poduska, J.: “The Evolution of AI-Plus 3 Traits Needed to Survive the Next Mass Extinction”. En *TowardsDatascience*, 4 abril, 2021. Disponible en: <https://towardsdatascience.com/the-evolution-of-ai-plus-3-traits-needed-to-survive-the-next-mass-extinction-5173f48c6c7a>
- Ribeiro, J.: “This is How the Top 5 companies in the world are defining A.I.”. En *Towards Datascience*, 2 abril, 2021. Disponible en: <https://towardsdatascience.com/how-are-the-top-5-companies-in-the-world-redefining-a-i-c009f7e73f5a>

- Ríos, E.: “El trabajo remoto marcará las transmisiones televisivas de los Juegos Olímpicos de Tokio”. En *Cubadebate*, La Habana, 3 abril, 2021. Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/noticias/2021/04/03/el-trabajo-remoto-marcará-las-transmisiones-televisivas-de-los-juegos-olimpicos-de-tokio/>
- Roberts, H., Cows, J., Morley, J. et al.: *The Chinese approach to artificial intelligence: an analysis of policy, ethics, and regulation*. *AI & Soc* 36, pp. 59-77, 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00146-020-00992-2>
- Rosete, A., Moreno, M., Sánchez-Ansola, E. y Porras, C.: “Dimensiones importantes en la gestión de la informatización: integración e inteligencia”. En *Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial*, Vol. 4, No. 2, mayo-agosto, 2020(a). Disponible en: <https://apye.esceg.cu/index.php/apye/article/view/127>
- Rosete, A., García-Lorenzo, M.M, Caballero, Y. y Bello, R.: “Un bosquejo de la Inteligencia Artificial frente a la COVID-19 en el mundo”. En *Revista Cubana de Transformación Digital*, Vol. 1, No. 3, pp. 5-26, oct-dic, La Habana, 2020.
- Russia Today: “El inversor Ray Dalio explica por qué el bitcoin podría ser declarado ilegal, como ocurrió con el oro en 1934”. En *Russia Today*, 25 mar, 2021(a). Disponible en: <https://actualidad.rt.com/actualidad/387509-ray-dalio-bitcoin-ilegal-oro>
- Russia Today: “Tras quejas por semanas laborales de 100 horas, Goldman Sachs permitirá que sus empleados descansen los sábados”. En *Russia Today*, 24 mar, 2021(b). Disponible en: <https://actualidad.rt.com/actualidad/387367-goldman-sachs-bancos-explotacion-laboral>
- Schiermeier, Q.: “Which are the best pandemic policies?”. En *Nature NEWS*, 05 March, 2021. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/d41586-021-00590-2>
- Siegel, E.: “Machine Learning Finds More Gravitational Lenses Than All Astronomers Combined”. En *Forbes*, Jan 18, EE. UU., 2021. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/startswithabang/2021/01/18/machine-learning-finds-more-gravitational-lenses-than-all-astronomers-combined>
- Telesur: “Foro Mundial en Davos plantea digitalización de la economía”. En *Telesur*, 21 enero, 2021. <https://www.telesurtv.net/news/foro-economico-mundial-davos-digitalizacion-20200121-0027.html>
- Westerheide, F.: “China-The First Artificial Intelligence Superpower”. En *Forbes*, EE. UU., 2020. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2020/01/14/china-artificial-intelligence-superpower/?sh=3de259602f05>, Jan 14.

**PARTE II**

**CLAVES  
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL**



# La triada informacional del gobierno digital: datos, información y conocimiento

YUNIER RODRÍGUEZ CRUZ

Cuando se menciona el término «gobierno electrónico» o «gobierno digital», se alude a dos dimensiones básicas relacionadas con la Administración Pública: el Gobierno y la tecnología. Y es que en esencia, lo «digital» da paso a un nuevo escenario o ecosistema, en el que las TIC, la información y las dinámicas comunicativas abren nuevos horizontes en la relación Gobierno-Ciudadano.

Si bien las personas aspiran lógicamente a mejorar su calidad de vida, así como la de la comunidad y la sociedad, corresponde al Gobierno y la Administración Pública velar y garantizar que estas aspiraciones y necesidades ciudadanas se alcancen. El desarrollo de una sociedad depende de las formas y la capacidad de relación entre el Gobierno y los ciudadanos, entiéndase: formas para compartir, dialogar y participar.

Con el desarrollo acelerado de las TIC, son cada vez mayores las nuevas formas en que el Gobierno puede hacer un uso efectivo de este recurso, facilitando sus procesos, servicios, trámites y vínculos con la población. Sin embargo, el mero empleo de las TIC no garantiza eficacia y eficiencia en la gestión pública, pues la informatización solo permite acompañar las dinámicas funcionales que desarrollan los funcionarios públicos. Si se informatizan las estructuras y los procesos de la administración pública, se estaría informatizando tanto las buenas como las malas prácticas que puede presentar este sistema. Hoy la transformación digital de Gobierno es un cambio cultural y estructural de las formas de hacer, lo que implica una transición

informativa, tecnológica y comunicativa de los objetivos, las funciones, los procesos y los servicios públicos.

Si en las últimas décadas el desarrollo de la Administración Pública ha estado permeado por cambios en jurídicos, económicos, sociológicos, tecnológicos, informativos y comunicacionales, por citar algunos ejemplos, el gobierno digital también ha estado bajo esos nuevos preceptos y transformaciones, en los que la tecnología, la información y la comunicación son recursos claves de desarrollo:

- La tecnología se convierte en el soporte para hacer.
- La información y los datos se convierten en el qué se hace.
- El conocimiento se convierte en el qué solucionar.
- La comunicación se convierte en el cómo.

Es por esto que una dimensión esencial dentro del gobierno digital lo constituye la triada informacional: dato-información-conocimiento, que asume tres grandes áreas de conocimiento, con sus especificidades y dinámicas de desarrollo, para el logro de un gobierno digital eficaz y eficiente, con un verdadero enfoque ciudadano.

### **¿Por qué hablar de un escenario informacional en el gobierno digital?**

Antes de abordar la importancia de la triada informacional en el gobierno digital, es necesario precisar los principales cambios que han tenido lugar en la noción y los principios de la Administración Pública, precisamente por tratarse este gobierno digital, de un enfoque en la gestión de Gobierno. Esto significa que no es posible hablar de la construcción o diseño de un gobierno digital, sin entender que este no es más que la propia gestión pública, haciendo un mejor uso de las TIC, la información y la comunicación, y poniéndolas a disposición del logro de sus metas, objetivos, estructuras, procesos y servicios públicos. El gobierno digital no es un eje de desarrollo en la Administración Pública, sino un enfoque de Gobierno, por tanto, de transformación de este, de la mano de las facilidades que ofrecen las TIC, la información y la comunicación, en aras de una mejor gobernanza pública.

Las propias transformaciones de la Administración Pública en los últimos años –condicionadas por las denominadas «crisis funcionales de la Administración Pública» y las críticas a la «nueva gestión pública»– han derivado en un



modelo de Administración Pública caracterizado por un enfoque ciudadano, en el que los servicios públicos asumen el verdadero valor en el ejercicio público, y donde la transparencia, rendición de cuentas y participación se convierten en mecanismos de legitimidad de la gestión pública. Esto ha incidido en las dinámicas actuales de gobierno digital, donde los servicios y trámites en línea, así como la transparencia, rendición de cuentas y participación utilizan nuevas dinámicas digitales en la relación del Gobierno con los ciudadanos. Estas nuevas transformaciones comienzan a articularse en un contexto donde ya no es posible hablar de gestión de Gobierno, sino de gobernanza pública, de ahí que empiezan a visualizarse prácticas de gobernanza tecnológica y gobernanza informacional que sitúan, sin lugar a dudas, un nuevo escenario derivado del impacto de las TIC y la actividad informacional.

La gobernanza informacional ha venido a aportar considerablemente en el ecosistema digital informacional de Gobierno, donde los datos, la información y el conocimiento resultan esenciales para el desarrollo de la sociedad. El término se refiere a los principios básicos sobre el uso y control de la información, a través de las políticas, normas, derechos, directrices, reglas, responsabilidades, actividades y prácticas de la gestión de información, y documental, así como los controles de rendición de cuentas sobre esta, fomentando una cultura que permita evaluar/valorar, generar/crear, recopilar/capturar, analizar, distribuir, almacenar, usar, proteger, controlar o eliminar la información, garantizando su valor, calidad y cumplimiento, de la misma mejorándose así la eficacia y eficiencia de las decisiones y los procesos para hacer un uso máximo de la información en términos de creación de valor y la reducción de riesgos. Ello implica la protección de datos, gestión de registros y calidad de los datos.

A partir de estos elementos se puede afirmar que el gobierno digital ha derivado no solo del impacto de las TIC y los temas de acceso a la información, sino también de las propias transformaciones que han tenido lugar en la Administración Pública, ampliando su alcance, incluso hacia los temas emergentes de gobernabilidad y gobernanza.

### **¿Cómo definir los datos, la información y el conocimiento?**

Las principales definiciones asociadas a esta dimensión informacional enfatizan en los datos y su capacidad para generar información de interés, nuevo conocimiento y solucionar problemas.

Los datos constituyen un signo o un conjunto de signos que no tienen ningún componente semántico. Pueden significar un número, una letra, un signo ortográfico o cualquier símbolo que represente una cantidad, una medida, una palabra; tienen incapacidad de comunicar un significado.

En el gobierno digital los datos pueden generarse o captarse de transacciones, procesos, trámites y servicios en línea que desarrollen las entidades gubernamentales. Estos deben estructurarse y organizarse por sistemas, de forma que puedan captarse una única vez y se logren compartir mediante adecuados estándares de interoperabilidad, entre los diversos sistemas informacionales que intervienen en la gestión pública.

La información, por su parte, «[...] es un conjunto estructurado de representaciones mentales codificadas (signos y símbolos) significantes, socialmente contextualizadas, y posible de ser registrada en cualquier soporte material (papel, disco magnético, óptico, etc.) y/o comunicadas en tiempos y espacios diferentes» (Linares y Mena, 2015). Esta se puede clasificar en documentaria y no documentaria. En el ámbito del gobierno digital se evidencia la información en los diversos contenidos u ofertas informativas que acompañan los servicios y trámites en línea, por ejemplo.

De acuerdo con esto, cuando se habla de información debemos reconocer que estamos también en presencia de documentos, especialmente documentos archivísticos. Según ISO 15489: «[...] el documento archivístico es definido como: información creada, recibida y mantenida como evidencia e información por una organización o persona en virtud de sus obligaciones legales o en el desarrollo de sus transacciones y actividades de negocios» (Linares y Mena, 2015).

La importancia de la información en el gobierno digital radica en que este es el recurso mediante el cual el ciudadano interactúa con el Gobierno. Todas las interacciones que se dan en el gobierno digital tienen una base informativa, fundamentalmente. Al respecto:

[...] la información constituye un recurso estratégico para el desarrollo de la sociedad. Las personas necesitan y demandan información de forma continua, como parte de su vida cotidiana y de su accionar en el entramado social del que forman parte. La información se convierte en un recurso que fluye y se utiliza de manera intensiva a diferentes niveles de una sociedad (Rodríguez y Leyva, 2017).

El conocimiento es «[...] esa información procesada por el sujeto, es el reflejo de las propiedades o características de los objetos en la mente del sujeto [...] información interiorizada en un sujeto, es una función de la información» (Linares y Mena, 2015). Es la base de la innovación y a partir de este se puede llevar a cabo la solución de problemas en la gestión pública.

Los datos constituyen elementos primarios que por sí solos no informan ni comunican. Un conjunto de datos, en el contexto determinado, sí puede adquirir la noción de información, por lo que garantizan la generación de nuevo conocimiento. Esta triada está articulada en tanto su relación posibilita la transformación de valor para las políticas públicas, la toma de decisiones y la resolución de problemas en el gobierno digital.

No obstante, ¿cómo garantizan un uso efectivo de estos recursos? ¿Qué hacer para generar un gobierno digital que garantice el uso efectivo de esta triada informacional? Para ello es necesario comprender algunas de las principales transformaciones asumidas durante el desarrollo del tema en las últimas décadas.

## **El gobierno digital y su dimensión informacional**

El gobierno digital se define como «... el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) para proveer servicios gubernamentales independientes del tiempo, distancia y complejidad organizacional» (Naser, 2011). También, como:

[...] aquel gobierno diseñado y operado para aprovechar los datos digitales en la optimización, transformación y creación de los servicios del Gobierno. A diferencia del gobierno electrónico –que está más enfocado a servicios tradicionales, disponibles a través de los canales en línea para aumentar la eficiencia y eficacia operacional de la administración pública–, el gobierno digital evoluciona conceptualmente para poner el énfasis principal en cuán crítico es el uso de datos con calidad –en tiempo real y *offline*–, con vistas a apoyar el trabajo del Gobierno y la transformación hacia procesos y servicios superiores que mejoren de forma significativa la vida de los ciudadanos (Garcés *et al.*, 2019).

Esta visión otorga al uso de datos, información y conocimiento, un peso fundamental en los modelos de madurez para lograr una efectiva gestión pública. De hecho, la importancia de esta triada se manifiesta en cada etapa o nivel de

desarrollo: gobierno electrónico, abierto, centrado en datos, constituido e inteligente<sup>11</sup> (Garcés *et al.*, 2019).

En la *Guía de gobierno digital para municipios cubanos* se explican las distinciones entre cada uno de estos niveles y la importancia que los datos y la información comienzan a adquirir, como parte de ese modelo de madurez (tabla 6).

TABLA 6. RELACIÓN DE LOS NIVELES DE MADUREZ DE GOBIERNO DIGITAL Y LA TRIADA INFORMACIONAL

Niveles de madurez	Mirada informacional (triada informacional)
Gobierno electrónico	Datos e información pública sobre la gestión de Gobierno. Visible desde el ecosistema digital existente. Percepción ciudadana de «qué hace» el Gobierno en su gestión y «qué le ofrece».
Gobierno abierto	Énfasis en la información y los datos abiertos públicos, que permiten mostrar las particularidades de la gestión de Gobierno. La información se convierte en evidencia y prueba, de ahí su importancia en la transparencia y rendición de cuentas. Los procesos de gestión de conocimiento se intensifican por el rol de cocreador de los ciudadanos y las dinámicas de participación que se establecen. Adquiere notable importancia la existencia de política y ley de datos abiertos, estándares abiertos, ley de protección de datos personales, políticas y leyes de acceso y transparencia de la información, publicación de los datos públicos, políticas de acceso, uso, distribución, <i>copyright</i> y privacidad, entre otros.
Gobierno centrado en datos	Se asocia al término <i>Big Data</i> (macrodatos o datos a gran escala), que «[...] se refiere a los nuevos paradigmas computacionales para extraer el verdadero valor de los datos variados, voluminosos y veloces, que se generan a partir del despliegue de sensores, las redes sociales, además de los tradicionales datos transaccionales gubernamentales. El modelo de servicios es proactivo; el Gobierno se anticipa a las necesidades de los ciudadanos, a partir de evaluar sus preferencias y los datos que posee sobre ellos, gracias a su interacción abierta en la web o en los canales que se han propiciado en etapas anteriores» (Garcés <i>et al.</i> , 2019).

<sup>11</sup> Propuesta realizada por la Consultora Internacional Gartner.

Gobierno constituido	Prima la «[...] transformación efectiva de los datos para mejorar la calidad de vida del ciudadano. Los servicios se ofrecen por múltiples canales. Las analíticas sobre los datos se diversifican para ofrecer más servicios personalizados y transformar los procesos de la administración pública, en función del comportamiento del ciudadano en su relación con el gobierno y con otros factores socioeconómicos y ambientales» (Garcés <i>et al.</i> , 2019).
Gobierno inteligente	«Con todos estos análisis de datos, el gobierno no solo se anticipa a las necesidades del ciudadano, sino que también pudiera predecir lo que podría necesitar en determinados escenarios. Se pueden mejorar las políticas públicas a partir de los cambios que se van a producir» (Garcés <i>et al.</i> , 2019).

En el ámbito cubano, las etapas de gobierno digital –presencia, interacción, transacción, transformación– conciben avances desde el tratamiento de datos, hasta la información pública y de Gobierno, que interviene en las relaciones de gobierno digital: G2G-Gobierno a Gobierno; G2E-Gobierno a Empleado; G2Emp-Gobierno a Empresa; G2C-Gobierno a Ciudadano, por lo que el uso de los datos, la información y la creación de conocimiento, se convierten en elementos esenciales para el gobierno digital. No obstante, cada uno presenta particularidades para poder garantizar una triada informacional funcional, como parte de su gestión integrada.

### ¿Por qué datos, información y conocimiento para el gobierno digital?

Si bien este capítulo tiene como propósito acercarnos a las nociones básicas relacionadas con los datos, la información y el conocimiento en el gobierno digital, es importante destacar que cada uno de estos elementos tiene particularidades en su tratamiento y uso, que serían imposible asumir en tan pocas páginas. A eso se suma que la concepción de la triada –en este contexto– parte de preceptos y marcas evolutivas que han tenido lugar a lo largo de las últimas tres décadas, de ahí que sería acertado no solo centrarnos en definir qué se entiende por cada uno de estos recursos, sino la visión que adquieren o han adquirido a lo largo del desarrollo del tema que nos ocupa.

El desarrollo del gobierno digital ha sido potenciado desde la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), en el marco de la denominada Sociedad de la

Información. Así, existen mecanismos e informes internacionales –Índice de Desarrollo de Gobierno Electrónico (IDGE)–, en los que se analizan los avances del tema a nivel internacional, a partir de la evaluación de los subíndices e indicadores asociados al fenómeno. Estos instrumentos reflejan las pautas de desarrollo y las nuevas tendencias que en materia de gobierno digital se van avizorando.

La Comisión Económica para América Latina (CEPAL) ha asumido en los últimos años un papel protagónico en relación con el gobierno digital. Sus manuales y guías han dedicado varias contribuciones al desarrollo del gobierno electrónico, de ahí que en esta última década destaca como una de las organizaciones que ha analizado el tema en la región.

Según expertos internacionales, como Alejandra Naser, Gastón Concha, Andrés Hoffman y Álvaro Ramírez Alujas, entre otros, la evolución del gobierno electrónico se ha caracterizado por la influencia de múltiples factores, movimientos y preocupaciones, que han estado bajo la mirada de la Administración Pública. Esto, sin lugar a dudas, ha incidido también en las visiones relacionadas con la dimensión informacional del gobierno digital.

El análisis de varias de las investigaciones que se han realizado sobre gobierno electrónico, en el contexto latinoamericano e internacional, apuntan a focalizar en la década de 1990 cuando las TIC generaron mayores impactos en la Administración Pública, como apuesta para la eficiencia y eficacia gubernamental. Este período tuvo un enfoque centrado en el ciudadano, de ahí el marcado interés en satisfacer las demandas y necesidades de la ciudadanía. Al coincidir con el denominado período de la Nueva Gestión Pública –y su carácter neogerencial o de mercantilización–, los datos y la información pasan a formar parte de la gestión de Gobierno, con vistas a proveer servicios de información a la población. Esto orientó al gobierno electrónico hacia «[...] las ofertas de información, los trámites y servicios en línea, y un Gobierno que se abre para el desarrollo de políticas públicas, la toma de decisiones y la resolución de problemas» (Naser, 2011).

Precisamente, la crisis en la denominada «nueva gestión pública» estuvo acompañada de un novedoso enfoque que apostó en el servicio público y el ciudadano, a partir de las nuevas dinámicas de relación Gobierno-Ciudadano. Para la década del 2000, los temas relacionados con los datos y la información pública adquirirían un mayor rol, según el reconocimiento e impacto del «acceso a la información» para el gobierno digital. Varios investigadores como Naser

(2011, 2016), Hoffman (2016) y Concha (2011), coinciden en que un cambio considerable ocurrió en 2007, cuando un grupo de investigadores en Sebastopol, California, desarrollaron los ocho principios para los datos de Gobierno abierto. Estos principios permitieron entender el Gobierno abierto, promover el valor que adquiere la información cuando se comparte y mostrar el impacto que puede tener la información en el uso de los recursos públicos y el beneficio para la sociedad en sentido general.

Los ocho principios, que se enfocaron en el uso de datos abiertos, definidos posteriormente por la Fundación de Conocimiento Abierto como «[...] datos que pueden ser libremente utilizados, reutilizados y redistribuidos por cualquier persona» (Naser, 2016), fueron:

1. Los datos deben estar completos: los datos públicos no deben estar sujetos a privacidad u otras limitaciones; además, deben estar electrónicamente almacenados.
2. Los datos deben ser primarios: disponibilidad de la fuente primaria, sin procesamientos y sin formas agregadas.
3. Los datos deben ser oportunos: para preservar su valor.
4. Los datos deben ser accesibles: la disponibilidad debe ser lo más amplia posible para los usuarios y propósitos diversos.
5. Los datos deben poder ser procesados: deben estar razonablemente estructurados para permitir su automatización por diversas herramientas.
6. Acceso indiscriminado: disponibilidad para cualquier usuario, sin necesidad de su registro.
7. El formato de los datos debe ser no-propietario: deben estar disponibles en un formato donde nadie deba tener la exclusividad de su control.
8. Los datos deben estar libres de licencias: no deben estar sujetos a *copyright*, patentes o regulaciones secretas. Una razonable privacidad, seguridad y restricciones puede ser aplicada por el Gobierno o el proveedor de datos, de manera general.

De esta forma, en el entramado informacional del gobierno digital, comenzaron a aparecer nociones relacionadas con datos públicos, fuentes primarias, calidad de los datos, estructuración de estos, formatos, acceso y uso. Según Naser y Hoffman (2016), la publicación de los datos abiertos revolucionó los temas de acceso a la información por parte de los ciudadanos y tuvo grandes

implicaciones en el desarrollo del gobierno digital. Tal es así que para 2009, bajo el mandato de Barack Obama, salió el Memorando de Transparencia y Gobierno Abierto de los Estados Unidos de América, donde se abordaban, entre otros aspectos, los datos públicos en formatos abiertos.

El desarrollo de los datos abiertos hizo que para septiembre de 2011 surgiera en la ONU la denominada Alianza de Gobierno Abierto (AGA). En correspondencia, comenzaron a proliferar las iniciativas de datos abiertos y acceso a la información de Gobierno. El Gobierno abierto, promovido por AGA, incidió considerablemente en todo el movimiento que estaba desarrollándose en relación con el gobierno digital, pues sería imposible hablar de informatización al margen de los datos y la información pública, de ahí que se considerara en esa década, que fue una de las modificaciones o transformaciones de mayor impacto en el gobierno digital y los proyectos que se desarrollaban, por lo que el acceso a la información y al conocimiento se insertaron casi de forma natural en los objetivos de desarrollo del gobierno digital.

El Gobierno abierto, como etapa de madurez en la propia concepción del gobierno digital, comenzó a generar un cambio en la generación, el acceso, el uso y la difusión de la información de Gobierno y la información ciudadana. Este enfoque presentó, entre sus pilares, la denominada Transparencia y Rendición de Cuentas del Estado, la Participación, la Colaboración y los Datos Abiertos Gubernamentales (Naser y Hoffman, 2016). A partir de 2011, se percibieron grandes iniciativas relacionadas con las políticas de transparencia y participación ciudadana en la región latinoamericana, de ahí que aun cuando existieron grandes debates entre gobierno electrónico, digital y abierto, hubo elementos que incidieron en la articulación de estos dos enfoques. Hoy se habla de principios básicos como el acceso y uso de las TIC, y de la información y el conocimiento. De hecho, según Naser (2016), la importancia que adquiere todo el movimiento de Gobierno abierto en la región, dentro del gobierno digital, se evidencia en las recomendaciones sobre estrategias de gobierno digital de 2014, adoptadas por el OECD:

- Asegurar la transparencia del Estado e incluir la voz de la sociedad civil en sus procesos y operaciones.
- Promover el involucramiento ciudadano y privado, así como de los diferentes estamentos del Estado, por medio de la participación y la colaboración, en el diseño y la provisión de las políticas públicas y los servicios públicos.



- Promover la práctica de gestionar la información pública, particularmente los datos gubernamentales, en la totalidad de su ciclo de vida, en formatos abiertos, para que puedan ser procesados y reutilizados por la sociedad.
- Proteger la privacidad de los datos personales de individuos y empresas, y asegurar la integridad y confiabilidad de la información gubernamental.
- Promover la colaboración y la coordinación transversal entre agencias gubernamentales, para que puedan compartir información –modelos de interoperabilidad–, con el objetivo de erradicar la insularidad de las instituciones públicas.
- Incorporar el recurso gobierno electrónico en las agendas internacionales de las naciones.
- Actualizar los modelos de gobernanza tecnológica (institucionalidad), los modelos tecnológicos (cómputo en la nube, *web services*, etc.), las tecnologías (los fierros) y los recursos humanos, para situarlos a la altura de estos nuevos desafíos.

Esto ha servido de punto de partida para el desarrollo de políticas y leyes sobre transparencia, acceso a la información, protección de datos personales y uso de datos abiertos, partiendo de que el acceso, uso y manejo de datos e información pública, requieren una gestión para garantizar su calidad y efectividad en los procesos de la Administración Pública.

Aun cuando hay grandes debates sobre los mecanismos utilizados en la apertura de gobiernos en la región, asociados a los denominados Planes Nacionales de Gobierno Abierto, coordinados y supervisados por AGA, lo cierto es que la transparencia, rendición de cuentas y participación, se ofrecen como dinámicas que garantizan a la sociedad percibir la gestión pública como un sistema de gestión para y por los ciudadanos. El hecho de que una persona pueda ver de forma transparente cómo se efectúan los procesos, trámites y servicios del Gobierno, cómo rinden cuentas de forma efectiva los funcionarios públicos y se sientan partícipes de la gestión de Gobierno, es otra forma de legitimar la democracia participativa a la que se aspira en la gestión pública.

La información, por tanto, deviene bien público. Su uso por parte de los servicios que se ofrecen a la sociedad, garantiza no solo la satisfacción de necesidades puntuales de la población, sino que refleja la transparencia, eficacia y eficiencia con la que se trabaja. Disponer de información gubernamental de calidad, por diversas vías o canales, refuerza y garantiza la confianza y el prestigio

de la gestión gubernamental ante la sociedad, y permite generar un escenario común en el que se debaten y fortalecen las políticas públicas y la calidad de vida de la población, a partir de sus necesidades y participación.

Estas nociones y factores críticos de desarrollo para el gobierno digital, se evidencian en las cartas promovidas por el Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo, entre las que se encuentran las relacionadas con la gestión pública, la Carta Iberoamericana de Gobierno Abierto y la Carta Iberoamericana de Gobierno Electrónico. Cuba, suscrita a esta última, ha impulsado en los últimos años un gobierno digital donde el uso de datos, información y conocimiento se van convirtiendo en un eslabón obligado para la efectividad de la gestión pública en el ecosistema digital. Ello se evidencia en los recién aprobados Decreto-Ley del Sistema de Gestión de Documental y Archivos de la República de Cuba (Decreto Ley 3/2020) y Decreto-Ley del Sistema de Información de Gobierno (Decreto Ley 6/2020), y los próximos decretos programados en el sistema legislativo: Ley de Protección de Datos y Ley de Transparencia y Acceso a la Información. A pesar de esto, quedan todavía muchos retos y desafíos en materia informacional, que no solo pasan por el ordenamiento jurídico, sino problemas estructurales, de concepción, funcionales y de reconocimiento profesional para atender la triada informacional del gobierno digital.

## **Hacia un gobierno digital más centrado en la gestión que en el dato, la información y el conocimiento**

Hablar de gobierno digital para referirse al «Gobierno», constituye uno de los errores más comunes que se cometen hoy día. El término debe asociarse directamente con la ciudadanía y el desarrollo de la sociedad. No hay mejor gobierno digital que aquel que logra un vínculo estrecho con los individuos para poder solucionar los problemas que afectan su vida, comunidad y país.

Como es evidente, los datos, la información y el conocimiento abren un principio básico en el gobierno digital: el acceso a la información, y sirven de garantía para que la Administración Pública o el sistema gubernamental no solo puedan solucionar de forma efectiva las problemáticas sociales, sino que lo hagan de forma transparente y responsable, con la participación de los ciudadanos.

¿Ello permitiría afirmar que si con el uso efectivo de las TIC disponemos de datos, difundimos información y generamos conocimiento, estamos logrando la eficacia y eficiencia a la que aspiramos? La respuesta sería «no». Los datos y la

información veraz, confiable y oportuna, son una de las tareas más complejas en la Administración Pública, por los costos y esfuerzos que conlleva mantener y asegurar un flujo de información continuo entre las entidades gubernamentales y la sociedad. Igual pasa con las dinámicas o los mecanismos que permiten generar las mejores soluciones, para los menores y mayores problemas que afectan actualmente a la Administración Pública. De hecho, los procesos de participación, colaboración e innovación, requieren comprender de forma adecuada los problemas que hoy aquejan a la sociedad. Eso solo se logra si disponemos de la mejor información en el momento oportuno y el contexto justo.

En los últimos años se ha enfatizado, desde las ciencias de la información, en la necesidad de aprender a gestionar de forma adecuada los procesos que intervienen en la información y el conocimiento (figura 11), empeño que no ha estado limitado a organizaciones o contextos específicos, sino que se ha abierto a cualquier espacio donde se haga un uso intensivo de estos recursos. Por tanto, más que hablar de los recursos, se impone hablar de su gestión para garantizar un uso eficaz y eficiente de estos:

- Si el gobierno digital no es capaz de gestionar los datos y las capacidades institucionales y tecnológicas para poder capturar, organizar, conservar, analizar y abrir datos públicos, de interés para la sociedad, no podrán desarrollarse servicios y trámites en línea, así como ofertas y pronósticos a la medida de las demandas sociales.
- Si no logramos gestionar de forma efectiva los sistemas de información, recursos, flujos y servicios informacionales en la gestión pública, no habrá información capaz de satisfacer las necesidades de la población, ni de desarrollar certeros procesos de búsqueda, procesamiento y análisis, uso, generación y difusión de información.
- Si el gobierno digital no es capaz de constituir un espacio de construcción colectiva de conocimiento, visiones, criterios y mejoras, no habrá una toma de decisiones adecuadas que propicie la innovación y, por tanto, se verá afectado el desarrollo social.

Se hace necesario entonces el desarrollo de procesos de gestión de información y conocimiento, para poder planificar, organizar, conducir y controlar toda la información pública y la solución de problemas, con una visión innovadora y participativa.



FIG. 11 CICLO DE GESTIÓN ASOCIADO A LA TRIADA INFORMACIONAL.

La gestión de datos, en el marco de desarrollo del gobierno digital, debe ser capaz de garantizar adecuados procesos de identificación y captura de estos recursos, así como su organización, estructuración, difusión y publicación. Este proceso gerencial tiene a su cargo los procedimientos de analítica de datos y el uso de técnicas y herramientas asociadas al *Big Data*, y la conservación y seguridad de estos. Por eso no se puede hablar de datos públicos o datos abiertos de Gobierno, sin estándares, interoperabilidad y leyes de uso, acceso y protección de datos, por ejemplo, la Ley de Protección de Datos Personales.

La gestión documental se presenta como:

«[...] una de las funciones organizacionales más antiguas, pues toda administración necesita dejar registrados sus actos y transacciones en documentos perdurables para tomar las decisiones, rendir cuentas y ser transparentes, es decir, memorizar aquellas cosas que le conciernen y que, por tanto, no pueden ser olvidadas» (Garcés *et al.*, 2019).

Este proceso, amparado internacionalmente por la aplicación de la Norma ISO 15489 y por el Decreto Ley 3/2020, en el caso de Cuba, permite generar sistemas de gestión documental y archivo, como evidencia administrativa y patrimonio documental. En el contexto de gobierno digital, este proceso gerencial requiere acertados procesos de creación, captura, valoración y disposición, clasificación, seguridad y acceso, definición de metadatos y preservación. Es el encargado de gestionar la información de evidencia y velar que los sistemas de gestión documental, informatizados o no, cumplan con los principios de esta actividad, en garantía con los criterios de calidad de este tipo de información.

La gestión de información se define como la eficaz y eficiente planificación, organización, dirección y control de la información; los recursos y activos informacionales; las actividades; los procesos y sistemas; las técnicas y herramientas vinculadas a su manejo y uso, lo que garantiza creación, monitoreo o búsqueda, adquisición, selección, organización, control, almacenamiento, distribución, diseminación y uso de información relevante interna y externa, para tomar de decisiones proactivas, la solución de problemas, el logro de metas y objetivos personales y organizacionales, la ventaja competitiva, el aprendizaje y la mejora continua, la adaptación a los cambios, y la creación de competencias y habilidades de uso y el manejo de la información.

A su cargo están:

- Las políticas y la estrategia informacionales para garantizar acceso a información de calidad, documentada o no.
- El diseño de sistemas de información interoperables, que permita el desarrollo de los procesos informacionales y garantice un flujo continuo de este recurso por todo el sistema de entidades gubernamentales, en la prestación de trámites y servicios públicos en línea, y en la propia relación Gobierno-Ciudadano.
- La generación y socialización de contenidos e información pública, que refleje la gestión de trámites y servicios en línea, así como la transparencia y eficacia del gobierno digital.

La gestión de información tiene a su cargo toda la actividad informacional del gobierno digital. Es la encargada de generar mayores competencias y cultura informacional, en pos de una mayor cultura digital, lo que resulta hoy uno de los mayores desafíos sobre el tema.

En cuanto a la gestión de conocimiento, puede entenderse como:

«[...] la conducción estratégica de todas las formas, mediante las cuales personas y organizaciones adquieren, crean, buscan, socializan y usan el conocimiento. Esto permite orientar los saberes a hacer más eficaces y eficientes los procesos de administración territorial, y a resolver los problemas con menos tiempo y costo. No solo se tiene en cuenta el conocimiento científico y técnico, también vale mucho lo que las personas aprenden con la práctica y lo que han aprendido de generaciones

anteriores [...] En un escenario de gobierno electrónico, la gestión del conocimiento y la innovación reciben impulsos importantes. A través de plataformas tecnológicas pueden facilitarse todos los procesos antes descritos en términos de rapidez, sistematicidad, capacidad articuladora y facilidades para la participación. A esto se une la innovación en el propio ámbito de la comunicación, la información y la tecnología, teniendo en cuenta que la ciudadanía tiene muchas capacidades aprovechables en este sentido (Garcés *et al.*, 2019).

La gestión del conocimiento, en el gobierno digital, debe ser capaz de fomentar una innovación social, para lo cual resulta imprescindible el llevar a cabo los procesos de identificación, adquisición, creación, difusión o socialización, uso y medición, lo que permitiría activar la generación de soluciones y creación de mejores formas de hacer, bajo la colaboración de todos los actores de Gobierno.

Todos estos procesos de gestión abren nuevos horizontes profesionales para los analistas de datos y gestores documentales, de información y de conocimiento, pues no solo requieren de estructuras y recursos, sino también de especialistas encargados de implementarlos.

No obstante, estamos ante una dimensión informacional, de menos desarrollo en el contexto cubano, no porque existan pocas capacidades científicas y de formación para llevarlas a cabo, sino por las propias limitaciones de concepción que aún pesan en algunos enfoques y miradas sobre el tema, así como carencias de estructuras y formas de hacer en las entidades gubernamentales. Esta realidad solo es posible cambiarla cuando demos respuesta a algunas interrogantes vitales para comprender la importancia del tema:

- ¿Qué pasaría si los funcionarios públicos no utilizaran datos e información confiables, veraces y oportunos?
- ¿Qué implicaría no generar evidencias administrativas de forma adecuada?
- ¿Sería nuestra administración pública confiable sin información que sirva de evidencia?
- ¿De qué ciudadanos y qué sociedad hablamos si ni conocemos sus necesidades informativas?
- ¿Qué problemáticas sociales solucionar, si no somos capaces de saber lo que está pasando en nuestra sociedad?

Estas interrogantes afianzan la información y el conocimiento en el desarrollo de la Cuba actual. Pese a ello, los temas de información son los que menos han tenido una visión sistémica e integral desde la gestión pública, logrando enfocarnos básicamente hacia documentos archivísticos, información de Gobierno y quizás datos personales y acceso a la información. Lo cierto es que la información fluye por todo el sistema de gestión pública y, por tanto, el gobierno digital debe ser capaz de reconocer y proyectar la actividad informacional desde el máximo nivel de dirección del Gobierno, evitando parcelas informativas en las entidades públicas y visiones limitadas por determinadas tipologías informacionales o documentales. El gobierno digital tiene que atender, gestionar y encargarse de toda la información y el conocimiento que requiere el desarrollo de la sociedad, más allá de sus fuentes y clasificaciones.

El escenario informacional del gobierno digital en Cuba solo puede desarrollarse con políticas y regulaciones que integren la visión desde la generación y el acceso a la información y el conocimiento. El proceso de informatización de la sociedad cubana ha logrado orquestar esto, mediante políticas y decretos-ley específicos, tal y como está ocurriendo con la comunicación, el desarrollo local y otros escenarios estratégicos. En el caso de la información esta constituye la gran deuda, pues aún se perciben carencias de políticas y regulaciones más integrales y supragubernamentales. Esta realidad se podrá percibir cuando la información que circule en el escenario digital —por diversas vías y canales de comunicación—, no permita tomar al no poseer la calidad requerida, o sea, llegar de forma tardía, incompleta, poco confiable, en formatos ilegibles, duplicada o distorsionada.

Reconocer a las TIC, la información y la comunicación como elementos transversales en el enfoque de gobierno digital, permitirá entender los posibles riesgos que se corren si no se gestionan adecuadamente y de forma efectiva. La triada dato-información-conocimiento y su gestión, son la única alternativa para garantizar la creación de una dimensión informacional de gobierno digital y poner en manos de la ciudadanía un bien y servicios públicos, a la medida de sus necesidades. Mientras no fomentemos una verdadera cultura digital, de la mano de una cultura informacional y mediática, en las que se haga un uso efectivo de datos e información pública, estaremos gobernando a ciegas, aun cuando pensemos que lo estamos haciendo bien. Entre los principales desafíos asociados a lo «digital» está hacer un uso cada vez mejor de los recursos informacionales y de conocimiento.

## Referencias bibliográficas

- CEPAL: *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, una oportunidad para América Latina y el Caribe*, ONU, 2018.
- Garcés, R. et al.: *Guía para la Gestión de Gobierno Digital en municipios cubanos*. Editorial UH, La Habana, 2019.
- Linares, R. & Mena, M.: *Introducción a las Ciencias de la Información*, Editorial Félix Varela, La Habana, 2015.
- Medina y del Río: “Gestión del Conocimiento para el desarrollo local: una propuesta desde las ciencias de la información”. *Información, Comunicación y cambio de mentalidad: nuevas agendas para un nuevo desarrollo*, Rayza Portal, Raúl Garcés, Willy Pedroso (orgs.), Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 2016.
- Naser, A. & Gastón, C.: *El gobierno electrónico en la gestión pública*. CEPAL, Serie Gestión Pública, N° 73, 2011.
- Naser, A. & Gastón, C.: *Rol de las TIC en la gestión pública y en la planificación para un desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe*. CEPAL, Serie Gestión Pública, N° 79, 2014.
- Naser, A. & Hofmann, A.: *La contribución del gobierno electrónico y los datos abiertos en la integración regional*. CEPAL, Serie Gestión Pública, N° 84, 2016.
- Naser, A. & Ramírez-Alujas, Á.: *Plan de gobierno abierto. Una hoja de ruta para los Gobiernos de la región*. CEPAL, Serie Gestión Pública, N° 81, 2017.
- Rodríguez-Cruz, Y. & Leyva Maestre, Y.: “Gestión de Información y Comunicación en las funciones de gobierno para el desarrollo local”. *Información, Comunicación y cambio de mentalidad: nuevas agendas para un nuevo desarrollo*, Rayza Portal, Raúl Garcés, Willy Pedroso (orgs.), pp. 191-209, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 2017.



# La interoperabilidad, habilitante para la transformación digital

AILYN FEBLES ESTRADA / ALENA GONZÁLEZ REYES

Las entidades públicas, los ciudadanos y las empresas tienen, inevitablemente, que interactuar en diferentes momentos. Para modernizar su actuar, las administraciones introducen trámites y servicios digitales; al hacerlo se crean entornos digitales aislados y, en consecuencia, se generan barreras que impiden a las entidades públicas conectarse entre sí, con los ciudadanos y con las empresas. Esta ausencia de flujos de información entre los sistemas de esos entornos digitales aislados que deben colaborar, se convierte en barreras para el cumplimiento de los objetivos en los proyectos de gobierno digital.

Una condición necesaria para que los sistemas no estén aislados, es garantizar su interoperabilidad, lo cual sigue siendo un desafío importante para las agendas digitales, las políticas públicas de informatización y los programas de modernización de los gobiernos (Bravo, 2005) (Moreno, Sin & Silveira, 2007) (Shoura, Priyambodo & Rokhman, 2019). Cuando se comparan los beneficios de una interoperabilidad exitosa con los costos de una interoperabilidad insuficiente, resulta evidente la necesidad de perseguir el éxito en este campo.

La interoperabilidad es un elemento esencial para hacer posible la transformación digital. Permite que los órganos administrativos intercambien electrónicamente, entre sí y con los ciudadanos y las empresas, información con sentido y de forma comprensible para todas las partes. Por ello, en el ámbito del gobierno digital se le ha dado mucha importancia a la interoperabilidad, destacando que no es solo un concepto técnico, sino que involucra a otras áreas vinculadas a la transformación digital. De hecho, la evolución del gobierno digital se ve directamente

afectada por el grado de desarrollo de la interoperabilidad (Cellary y Strykowski, 2009). Por esta razón, el estudio de la interoperabilidad en el gobierno digital ha aumentado en los últimos años y los investigadores están proponiendo arquitecturas interoperables, modelos, esquemas con este fin (Luna Reyes & Chun, 2012) (Shoura, Priyambodo & Rokhman, 2019).

La interoperabilidad se considera un pilar fundamental para desarrollar servicios eficientes, eficaces, simplificados y confiables para el ciudadano, bajo una visión unificada. En consecuencia, todo proyecto orientado a la construcción de servicios digitales, debe asegurar la implementación de la interoperabilidad de facto, a fin de desarrollar capacidades para el intercambio fácil, seguro y transparente de la información entre los organismos y las entidades, que tributen a la prestación de servicios.

En este texto, más que discutir la definición formal de interoperabilidad del gobierno digital, vamos a argumentar que lograr la interoperabilidad requiere abordar una amplia gama de problemas técnicos y no técnicos, influidos por una serie de factores.

## **El escenario de la interoperabilidad**

En el contexto internacional, la interoperabilidad ha formado parte de la estrategia de gobierno digital que se viene gestionando a nivel mundial. La Unión Europea es referente en este tema. Sus primeras iniciativas datan de 1994; desde entonces han enriquecido su marco normativo y sus políticas. Este tema se trató en la Conferencia Regional Ministerial de América Latina y el Caribe (Río de Janeiro, 2005). En el inciso 13 del Compromiso de Río, se estableció el acuerdo de renovar y ampliar la cooperación entre los países de la región y otras instancias bilaterales y multilaterales, mediante la facilitación del intercambio de experiencias, transferencia de conocimientos y tecnologías entre los países, así como la formación de técnicos y el desarrollo de aplicaciones y soluciones en materia de gobierno electrónico. En Chile (2007) se llevó a cabo la IX Conferencia Iberoamericana de Ministros de Administración Pública y Reforma del Estado, en la cual se adoptó la Carta Iberoamericana de Gobierno Electrónico (CIGE), lo que significó un hito en la construcción de una perspectiva regional (Morten, 2020).

Este tema es actualmente muy debatido a nivel internacional. Diversos autores comentan las buenas prácticas y los factores de éxito, a partir de las ex-

perencias de la Unión Europea y algunos países en Latinoamérica (EC, 2006) (Moreno, Sin & Silveira, 2007) (EC, 2008).

## El problema de la interoperabilidad

Es difícil intercambiar, integrar y utilizar toda la riqueza de datos disponibles en la era digital actual. Se suman necesidades y capacidades divergentes de múltiples grupos internos y externos, protocolos, tecnologías y estándares diferentes, sistemas fragmentados de producción y difusión de datos. Todo esto hace que la interoperabilidad sea un problema complejo. Para lograr la interoperabilidad en un contexto de gobierno digital, es necesario examinar todos sus componentes y abordarlos como sistema.

La interoperabilidad ha tenido varias definiciones:

- El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) definió en 1991 la interoperabilidad como «[...] la habilidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar la información intercambiada» (IEEE, 91).
- El PNUD, como resultado de un proyecto de investigación en 2007, estableció:

La interoperabilidad del gobierno electrónico, en su sentido amplio, es la capacidad de los grupos para trabajar juntos. A nivel técnico, es la capacidad de dos o más componentes o sistemas de información gubernamentales diversos para intercambiar información de manera significativa y transparente y utilizar la información que se ha intercambiado (UNDP, 2007).

- El European Interoperability Framework (EIF) definió en 2006 a la interoperabilidad:

[...] la habilidad de los sistemas TIC, y de los procesos de negocios que ellas soportan, de intercambiar datos y posibilitar el compartimiento de información y conocimientos. Un *framework* de interoperabilidad puede ser definido como un conjunto de estándares y directrices que describen la forma por la cual organizaciones han acordado, o pueden acordar, interactuar unas con las otras (EIF, 2006).

La mayoría de estas definiciones, aunque capturan la idea general detrás de la interoperabilidad, tienden a centrarse en sus aspectos técnicos, lo que refleja la frecuente creencia de que la interoperabilidad es principalmente un desafío técnico (Pyarelal, 2007) (Klischewski, 2010). Como consecuencia, muchos esfuerzos iniciales en la construcción de sistemas de gobierno electrónico se enfocaron principalmente en esta arista (PNUD, 2007) (CSTransform, 2009).

Varias investigaciones han proporcionado formas diversas de comprender la interoperabilidad, según las partes interesadas. La comunidad informática —principalmente el IEEE—, la industria de la atención médica, el Departamento de Defensa de Estados Unidos y algunas instituciones de investigación de *software* (IEEE, 1990) (Ford, 2007) (Gibbons, 2007) (Lewis, 2008), han realizado aportes considerables. Esta diversidad ha demostrado que, aunque existe un interés significativo en la interoperabilidad, hay poco acuerdo sobre lo que es. Una posible razón de las muchas definiciones e interpretaciones es que la interoperabilidad depende de la situación. Su significado puede variar de técnico a no técnico, dependiendo del contexto (Ford, 2007).

Entre los esfuerzos por abordar un alcance más amplio está el de la Comunidad Económica Europea (CEE), que en su mejora continua del EIF ha redefinido el concepto de interoperabilidad de manera más general:

[...] la interoperabilidad es la capacidad de que las organizaciones interactúen con vistas a alcanzar objetivos comunes que sean mutuamente beneficiosos y que hayan sido acordados previa y conjuntamente, recurriendo a la puesta en común de información y conocimientos entre las organizaciones, a través de los procesos a los que apoyan, mediante el intercambio de datos entre sus sistemas de TIC respectivos (EC, 2008) (EC, 2017).

En la figura 12 se muestra un mapa conceptual de interoperabilidad.

Si bien los investigadores no logran una definición común, la mayoría coincide en que podemos dividir el problema general de la interoperabilidad en diferentes tipos o niveles y organizarla en modelos de interoperabilidad, enfoque que ha tenido experiencias exitosas en algunos contextos (Ford, 2007) (Gibbons, 2007) (Lewis, 2008).

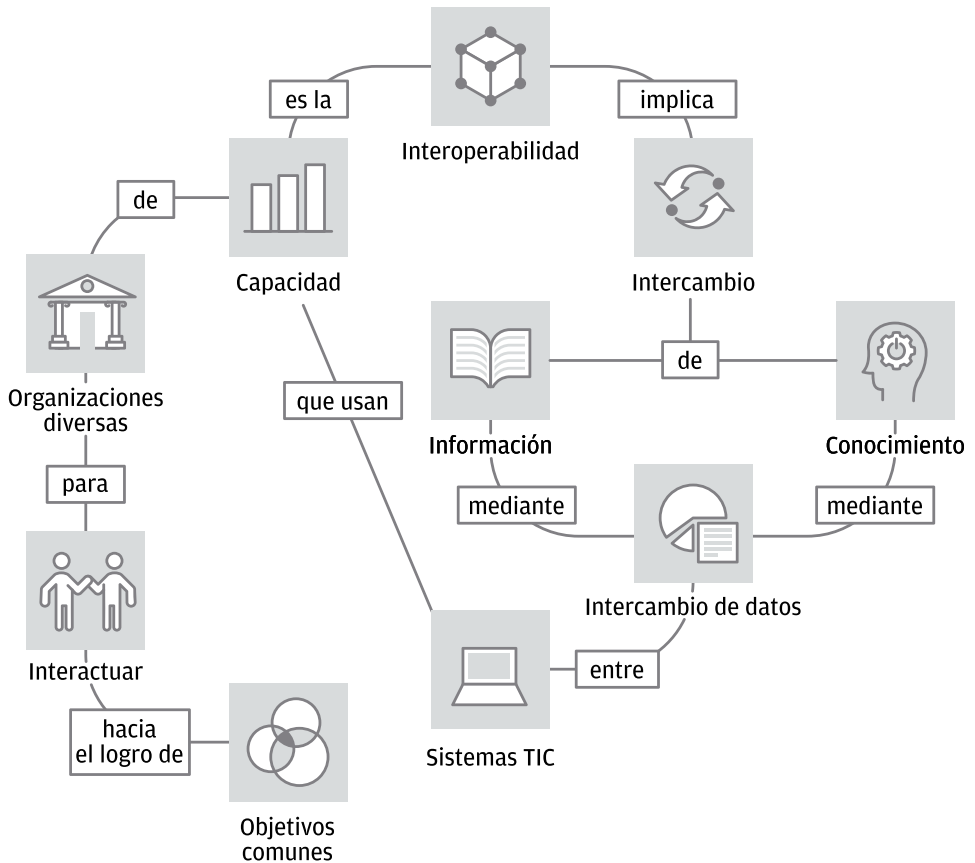


FIG. 12 MAPA CONCEPTUAL DE INTEROPERABILIDAD (FUENTE: ELABORACIÓN DE LOS AUTORES).

## Modelos de interoperabilidad

Contar con modelos de interoperabilidad transmite la idea de que se dispone de una guía para el equipo de trabajo. En general, estos modelos tienen como objetivo servir de referencia a la estrategia, hoja de ruta, plan de acción u otro instrumento específico que se prepare para implementar la interoperabilidad, cualquiera que sea el entorno. De la misma manera que existen muchas

definiciones, también existen múltiples modelos, algunos reconocidos en la literatura:

- Modelo de Niveles de Interoperabilidad de Sistemas de Información (LISI) (C4ISR Architectural Working Group, 1998).
- Modelo de Madurez de Interoperabilidad Organizacional (OIMM) (Clark & Jones, 1999).
- Modelo de Niveles de Interoperabilidad Conceptual (LCIM) (Marc, 2012).
- GIMM-Government Interoperability Maturity Matrix (Sarantis, Charalabidis & Psarras, 2008).
- Modelo de Madurez de Interoperabilidad a Nivel Empresarial (MMEI) (Guédría, Chen & Naudet, 2009 y 2011).
- Modelo de Madurez de Interoperabilidad entre Sistemas de Información (ISIMM) (Staden & Mbale, 2012).
- Public Administration Interoperability Capability Model (PAICM) (Cestari, *et al.*, 2019).

Para lograr comprender algunos de estos modelos es necesario tener claro términos como:

- Comunicación: intercambio de datos entre dos participantes a través de algún medio, que puede tener un significado o no.
- Participantes: últimos remitentes y receptores de los datos intercambiados, es decir, las entidades que utilizan los datos de una manera distinta a la simple facilidad del intercambio.
- Sistemas que utilizan datos intercambiados con fines distintos a facilitar la comunicación: también podrían considerarse participantes, aunque el hecho de que se consideren participantes activos o no depende del contexto dado. (Marc, 2012).

En general, estos modelos se estructuran por capas y se definen en términos de objetivos, tipos y niveles de interoperabilidad. Cada capa incluye el cumplimiento de un objetivo o tipo de interoperabilidad y luego coloca los demás objetivos o tipos en las capas superiores. A medida que se va escalando de una capa a otra, se van cumpliendo todas las exigencias de la(s) capa(s) anterior(es). Al llegar a la capa superior se tienen cumplidos los objetivos o tipos requeridos de los niveles inferiores, para su consecución.

El objetivo se refiere a la capacidad de comunicación de un sistema determinado. También pueden volverse más específicos, según la granularidad de los objetivos o de la estrecha relación con un dominio de interés particular, que tiende a resultar en objetivos específicos relacionados con ese dominio (Marc, 2012). El tipo de interoperabilidad generalmente especifica un dominio de interés (como la interoperabilidad de la red o en Salud) o un objetivo dentro de un modelo de interoperabilidad específico (Marc, 2012). Los niveles de interoperabilidad indican cómo los objetivos de interoperabilidad pueden alcanzarse para lograr objetivos más complejos (Marc, 2012).

## **La interoperabilidad en el contexto del gobierno digital**

Los beneficios de lograr la interoperabilidad del gobierno digital son numerosos e importantes (EC, 2008). Desde el punto de vista de los servicios públicos, abordar los desafíos de interoperabilidad mejorará la eficiencia de la prestación de servicios, el acceso a los servicios, la coordinación entre los servicios existentes (lo que se traduce en mayores ganancias de eficiencia), y la gestión y el mantenimiento de la tecnología.

Para los responsables de definir y elaborar políticas, la interoperabilidad en el gobierno digital mejorará las técnicas de recopilación y análisis de datos, lo que dará como resultado una toma de decisiones más eficiente, que se basa en información más precisa (PNUD, 2007). La interoperabilidad mejorará también la transparencia y rendición de cuentas, lo que resultará en una mejor gobernanza general (Lallana, 2008).

Un modelo de interoperabilidad ajustado al contexto del gobierno digital es el que propone el *Software Engineering Institute* (SEI). Parte de los objetivos básicos de la interoperabilidad y luego se asignan estos objetivos a niveles, con los más complejos asignados a niveles más altos de interoperabilidad. Finalmente se agrega el contexto del gobierno digital y lo definen como factores de influencia (Marc, 2012).

Según estudio realizado por Manso y otros autores, en la literatura aparecen quince niveles de interoperabilidad: semántica, técnica, sintáctica, pragmática, organizacional, conceptual, dinámica, legal, social, esquemática o estructural, intracomunitaria, política-humana, internacional, empírica y física, siendo semántica, técnica y sintáctica los niveles de interoperabilidad más citados, seguidos de la interoperabilidades pragmática y dinámica.

En su propuesta, Manso considera un modelo de interoperabilidad reducido a siete niveles (técnico, sintáctico, semántico, pragmático, dinámico, conceptual y organizacional) con el objetivo de simplificarlo y reducir el número de niveles previamente enumerados. Los niveles más aplicados son tres: organizacional, semántico y técnico (figura 13), asumidos por el SEI en su modelo, incluyendo, como se observa en la figura 14, tres factores de influencia: legal, político y sociocultural (Delgado, Hilera & Ruggia, 2012) (Manso *et al.*, 2008) (Cepal, 2007) (González, 2015) (Lloset de Nárdiz, 2019).



FIG. 13 NIVELES DE INTEROPERABILIDAD DEL MODELO DEL SEI (FUENTE: ELABORACIÓN DE LOS AUTORES).

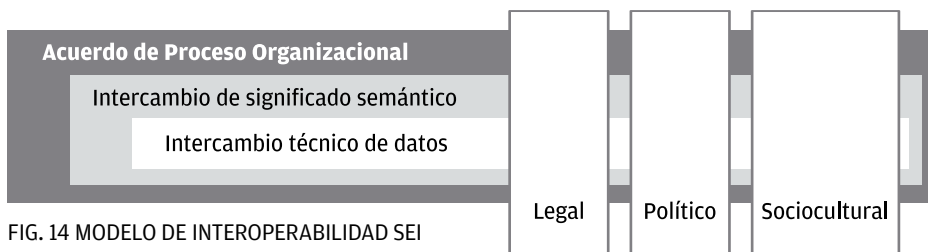


FIG. 14 MODELO DE INTEROPERABILIDAD SEI (FUENTE: MARC, 2012).

## Niveles de interoperabilidad

La interoperabilidad organizacional se refiere, precisamente, a las diferencias que existen en la forma que se organizan y operan las entidades interesadas en interactuar. Este nivel se ocupa de «[...] definir procesos de negocios y hacer acontecer la colaboración entre administraciones que desean intercambiar información y que pueden tener diferentes estructuras y procesos internos, así como aspectos relacionados a los requerimientos de los usuarios de la comunidad» (Moreno, Sin & Silveira, 2007) (Delgado, Hilera & Ruggia, 2012) (Cepal, 2007).

Este nivel incluye objetivos de interoperabilidad relacionados con:

- El análisis de procesos de las diferentes organizaciones.
- Las habilidades asociadas a los procesos.



- La forma en que una organización define sus capacidades y cómo esta se relaciona con otras organizaciones.
- La publicación de servicios.
- La utilización de nodos de interoperabilidad
- El mantenimiento de inventarios de información administrativa (órganos administrativos, oficinas de registro y atención al ciudadano, servicios y procedimientos).

La interoperabilidad semántica se encarga de organizar el uso de la información de tal manera, que la interoperabilidad se pueda llevar a cabo de forma segura, legal y en línea, con las políticas organizacionales y nacionales. Este enfoque puede verse afectado por la falta, en muchas instituciones gubernamentales, de un vocabulario común para describir datos, reglas comerciales, estructura de datos o estándares y clasificaciones. El resultado es la proliferación de diferentes códigos y esquemas de nombres para identificar una misma entidad, en un escenario que engloba cientos de bases de datos y sistemas de información. Entonces ocurren las diferencias semánticas: «[...] cuando un documento o registro oficial de una entidad no encuentra un documento o registro oficial correspondiente en otra entidad, bien sea por diferencia en su finalidad o por la información que contiene» (Moreno, Sin & Silveira, 2007). Esto motiva la necesidad de asegurar que la información intercambiada pueda ser interpretable de forma automática y reutilizable, aunque no se haya intervenido en su creación.

El nivel semántico de la interoperabilidad asegura que:

[...] el significado preciso de la información intercambiada es inteligible por cualquier otra aplicación que no haya sido desarrollada para este propósito. La interoperabilidad semántica posibilita a los sistemas combinar la información recibida con otros recursos de información y procesarla de una manera con significado (Moreno, Sin & Silveira, 2007) (Cepal, 2007).

Para cumplir los objetivos de este nivel se debe, por ejemplo, mantener actualizados los activos semánticos que permitan:

- Identificar y publicar los modelos de datos relativos a materias sujetas a intercambio de información con otras entidades.

- Emplear las definiciones y codificaciones de interés estadístico, conforme lo establecido en los documentos legales que correspondan o en los estándares y normas para el tema en particular.

La interoperabilidad técnica «[...] cubre las cuestiones técnicas de conectar sistemas computacionales y servicios» (Moreno, Sin & Silveira, 2007).

Muchas tecnologías de estructura de datos y servicios –como XML, Web Services y las arquitecturas SOA– han sido utilizadas como herramientas para la interoperabilidad técnica. Su adopción e implementación por las organizaciones gubernamentales, constituye un paso con cierto nivel de complejidad en la medida que implica realizar cambios en las estructuras de información, así como en la cultura de la organización. La evaluación, discusión, selección y adopción de estándares técnicos, incluyendo los de interoperabilidad, de manera que conformen un amplio marco de referencia para los desarrollos informáticos de los gobiernos, es una buena práctica para lograr resultados efectivos y eficaces (Cepal, 2007).

## **Factores de influencia**

El contexto del gobierno digital es complejo, porque depende mucho de cuestiones legales, políticas y socioculturales (Biddick, 2009). En el modelo de interoperabilidad propuesto por el SEI, se aborda el impacto adicional de estas cuestiones como factores de influencia, los cuales se capturan de esta manera y no a un nivel adicional, porque el impacto de cada uno es diferente, según la situación, y se aplican a casi cualquier sistema de gobierno digital, independientemente del nivel de interoperabilidad previsto (Marc, 2012).

Por ejemplo, un sitio web simple que comparte información con el público debe considerar cuestiones legales como qué información se considera pública, cuestiones políticas como la coherencia con las políticas, y objetivos actuales y temas socioculturales como la accesibilidad para personas que no hablan el idioma en que está el sitio (Marc, 2012).

- Factores legales: este factor se centra en el análisis de la legislación que incide en la interoperabilidad. En su construcción se deben incorporar todos los instrumentos legales que faciliten el uso o prestación de los servicios de intercambio de información. También incluye todos los elementos de responsabilidad legal para la provisión de los servicios de intercambio de infor-

mación de cada una de las partes involucradas, así como los elementos que aseguren el manejo adecuado de la información confidencial y la protección de datos personales (González, 2015) (Lloset de Nárdiz, 2019).

- Factores políticos: el contexto político en el que introducimos los sistemas de gobierno digital es de vital importancia para el éxito de cualquier esfuerzo de interoperabilidad. Por ejemplo, el informe Gartner sobre la actualización EIF 2.0 enumera cuatro áreas generales de preocupación que contienen barreras a la interoperabilidad del gobierno electrónico: responsables de políticas, administraciones, departamentos de TI y accesibilidad (Malotaux, 2007). Dentro de esas cuatro áreas, solo dos apuntan a problemas técnicos, mientras que la coordinación entre las diferentes agencias y departamentos es un tema común en todas las áreas. El informe Varney enumera seis barreras primarias a la interoperabilidad, cinco de las cuales se ocupan de la coordinación de agencias o ministerios y cuestiones presupuestarias. El borrador del documento EIF 2.0 enumera el contexto político como su nivel más alto de interoperabilidad (EC, 2008) (EC, 2017). Este informe reconoce que el apoyo político es fundamental para el éxito de la interoperabilidad del gobierno digital (EC, 2008).
- Factores socioculturales: las posibles fuentes de impacto en esta área varían ampliamente, según el contexto del esfuerzo. Por ejemplo, en regiones étnicamente diversas, puede ser necesario brindar servicios públicos a través de diferentes canales o canales personalizables. Además, otros factores socioculturales como la religión y el idioma, también pueden afectar los esfuerzos de interoperabilidad del gobierno digital (Marc, 2012). Los factores sociales y culturales pueden afectar los tres niveles de interoperabilidad y son fundamentales para la adopción de los servicios públicos digitales por parte del usuario. Se pueden desarrollar servicios que satisfagan los objetivos del Gobierno y las necesidades de los ciudadanos, pero si los usuarios objetivo no los consideran accesibles y utilizables, es posible que no los adopten (Marc, 2012).

Otros factores que se deben evaluar cuando se toman decisiones sobre la interoperabilidad para el gobierno digital, son:

- Mecanismos de seguridad avanzados en la identificación y autenticación digital de personas o instituciones en una transacción.
- Firma digital de documentos y archivos utilizados, lo que permite que la difusión de firmas electrónicas e identidades electrónicas tengan una gran

importancia, como factor clave de la arquitectura que se proponga como soporte para servicios interoperables del gobierno digital (Febles, 2020).

- Protección y privacidad de datos. La protección de datos sensibles se considera como uno de los principales desafíos cuando se brindan servicios de intercambio de archivos electrónicos (Bravo, 2005) (Moreno, Sin & Silveira, 2007) (Cepal, 2007).
- Gobernanza de la interoperabilidad, cada vez más importante. La Comisión Europea y la European Public Administration Network (EPAN) establecen que

[...] se ocupa de las condiciones políticas, legales y estructurales que sean relevantes para el desarrollo y la utilización de aplicaciones interoperables [...] y de la coordinación y alineación de los procesos de negocios y arquitecturas de información que traspasan los límites intra y extraorganizacionales. Su propósito es identificar y enderezar o remover cualquier posible barrera, incluyendo las legislativas, culturales y otras, buscando añadir servicios y compartir información (Moreno, Sin & Silveira, 2007) (Delgado, Hilera & Ruggia, 2012) (González, 2015) (Constaín, 2019).

La gobernanza de la interoperabilidad se refiere a las decisiones sobre los marcos de interoperabilidad, los acuerdos institucionales, las estructuras organizativas, las funciones y responsabilidades, las políticas, los acuerdos y demás aspectos, cuyo objetivo es garantizar y supervisar la interoperabilidad a escala nacional. Es la clave para un enfoque holístico de la interoperabilidad, ya que reúne todos los instrumentos necesarios para aplicarla.

Algunas sugerencias para abordar los desafíos para la interoperabilidad de sistemas en el contexto del gobierno digital:

- Establecer «catálogos de normas» que contienen tecnologías aprobadas para su uso en sus sistemas de gobierno electrónico (Hoel, 2009).
- Usar estándares abiertos para promover la interoperabilidad (Pyarelal, 2007) (PNUD, 2007) (Wattegama, 2007) (EC, 2008) (Gobierno de India, 2008):
  - \* Documentos y expedientes electrónicos a disposición del ciudadano y requeridos por este.
  - \* Aplicaciones y servicios de administración electrónica en sus relaciones con el ciudadano y las entidades.

- Lograr la interoperabilidad semántica es un problema difícil que, en gran parte, está sin resolver en el contexto del gobierno digital (EC, 2008 y 2017). Las partes interesadas suelen lograr la interoperabilidad semántica mediante la negociación directa, hasta llegar a un consenso. Un enfoque común para conseguirlo es construir una ontología<sup>12</sup> o un conjunto de ontologías.
- Para lograr la interoperabilidad organizacional en el contexto del gobierno electrónico, los proveedores de servicios públicos deben acordar no solo qué información se intercambia, cuándo se intercambia y cómo se intercambia, sino también qué hacer con ella cuando se intercambia. Las partes interesadas generalmente logran la interoperabilidad organizacional de una manera similar a la interoperabilidad semántica, negociando directamente para llegar a un consenso sobre los procesos que utilizarán.

## Reflexiones finales

Uno de los aprendizajes a que se llega en el análisis de las experiencias y las «buenas prácticas» internacionales, es que la implementación con éxito de procesos de interoperabilidad requiere como precondition:

- Crear un programa de trabajo específico a nivel nacional.
- Crear grupos de soporte institucional con el propósito de ayudar y facilitar el ingreso de entidades a la red de interoperabilidad
- Invertir en recursos y tiempo para la construcción de la solución de interoperabilidad, por ejemplo, con el objetivo de definir las especificaciones técnicas para el desarrollo de la arquitectura y la plataforma de interoperabilidad; las especificaciones de datos, metadatos y esquemas XML; las especificaciones técnicas de documentos electrónicos, estándares y metodologías; las soluciones informáticas y otros productos que representan un patrimonio de conocimiento.

Los derechos de propiedad y uso del patrimonio que se genera para lograr la interoperabilidad, deberán ser preservados como «bienes públicos», de manera que su adopción por las entidades que lo deseen sea libre y gratuita, siempre y cuando

---

<sup>12</sup> Ontología: definición formal de tipos, propiedades y relaciones entre unidades que realmente o fundamentalmente existen para un dominio de discurso en particular.

se observen reglas y que no se conviertan de ningún modo en un derecho de propiedad exclusiva de cualquiera de las partes involucradas, ni en un patrimonio o patente de una tercera parte (Moreno, Sin & Silveira, 2007) (Cepal, 2007).

Invertir tiempo y recursos en el desarrollo y despliegue de soluciones de interoperabilidad, nos ayuda a hacer un mejor uso de datos que actualmente se encuentran en silos sectoriales e institucionales; nos permite implementar y monitorear los objetivos de desarrollo sostenibles para el 2030 de manera armónica y resulta uno de los elementos clave para avanzar en las etapas de gobierno electrónico establecidas en Cuba y lograr la implementación del gobierno digital (Bravo, 2005) (Moreno, Sin & Silveira, 2007) (Llanes *et al.*, 2019).

Actualmente se desarrolla un proyecto de investigación en el marco del Programa Nacional Telecomunicaciones e Informatización de la Sociedad, titulado «Esquema de interoperabilidad, base habilitadora para la informatización de la sociedad (II)». Según esta investigación se ha identificado que en Cuba no existe hasta la fecha un modelo integrador que dé cuenta del marco teórico conceptual, de cómo evaluar el avance en gobierno electrónico y, específicamente, de la interoperabilidad. Tampoco se ha desarrollado una arquitectura de gobierno electrónico que contemple la interoperabilidad. Se trabaja para proponer un esquema de interoperabilidad cubano (Moreno, Sin & Silveira, 2007) (Manso *et al.*, 2008) (Llanes *et al.*, 2019).

Como resultado de esta primera etapa de la investigación se diseñó un Esquema Nacional de Interoperabilidad Cubano (ENIC), que contempla tres componentes fundamentales: tipología de la interoperabilidad, gobernanza de la interoperabilidad y plataforma de interoperabilidad. En cada caso se han propuesto componentes y acciones, que pudieran servir de hoja de ruta para avanzar en alcanzar la interoperabilidad, como parte del gobierno digital en Cuba. Algunas son:

- Identificación o definición de un Espacio General de Coordinación, lo que permitiría el desarrollo de los aspectos de gobernanza, para mantener la coordinación de acciones, actividades y mecanismos que permitan construir la interoperabilidad.
- Diseñar un Lenguaje Común de Interoperabilidad (LCI) para el intercambio de información entre entidades.
- Establecer acuerdos multilaterales para que cada una de las partes que interoperan, adopten un solo conjunto de especificaciones por única vez, cubriendo las necesidades de todos.

- Resolver de forma paulatina los conflictos que están relacionados con la estructura y el significado de los datos.
- Implementar repositorios de metadatos globales y reutilizables.
- Definir y establecer la información objeto del intercambio, los estándares internacionales para el intercambio de información, los vocabularios con sus correspondientes definiciones y el mapeo de taxonomías.
- Implementar que las entidades provean sus funcionalidades de negocio a través de servicios de *software*, de forma independiente a la plataforma en la que fueron implementados.
- Establecer mecanismos de seguridad al realizar la implementación de servicios de intercambio de información.
- Definir los temas de diálogo/conformación de los equipos de diálogo, que permiten la evolución de los aspectos técnicos, semánticos y organizacionales, integrados por los representantes de todas las entidades responsables de los temas de discusión, para asegurar la adopción de las decisiones y conclusiones a las que se llegue en la concertación. Estos equipos de diálogo del Espacio General de Coordinación deben estar soportados por mesas técnicas de trabajo, para agilizar los procesos de toma de decisiones.
- Desarrollar diálogos en el Espacio General de Coordinación, que concreten los elementos de la arquitectura de interoperabilidad.
- Definir mecanismos de consenso para la definición y adopción de estándares, la no centralidad, la cooperación y el reuso y la difusión de firmas, certificados digitales e identidades electrónicas. Es importante asegurar liderazgo, patrocinio y gerencia clara de la interoperabilidad.

Todo esto, con el objetivo de diseñar y prestar a las administraciones públicas y los ciudadanos o empresas, servicios públicos que sean en lo posible digitales (proporcionan servicios y datos preferiblemente por canales digitales) y abiertos (posibilitan reutilización, participación o acceso y transparencia).

### **Referencias bibliográficas**

Biddick, M.: "Government IT Prioritie"., Information Week Government, July 18, 2009. Disponible en: <http://www.informationweek.com/news/government/enterprise-architecture/218500752>.

- Bravo, C.: “Implicancias del Decreto Supremo N° 81: Una historia sobre el futuro. Proyecto de Reforma y Modernización del Estado”. En *Experiencias y perspectivas (IN3)*, Workshop Documento Electrónico, Universidad de Chile, 2005. Disponible en: <http://anakena.dcc.uchile.cl/~mnmonsal/entrega2.pdf>
- Cellary, W. & Strykowski, S.: *E-Government Based on Cloud Computing and Service-Oriented Architecture*. pp. 5-10, 2009. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/221547642\\_E-Government\\_Based\\_on\\_Cloud\\_Computing\\_and\\_Service-Oriented\\_Architecture](https://www.researchgate.net/publication/221547642_E-Government_Based_on_Cloud_Computing_and_Service-Oriented_Architecture)
- Cepal: *Libro blanco de interoperabilidad de gobierno electrónico para América Latina y el Caribe*. Versión 3.0, LC/R. 2143, 2007. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/>
- Cestari, J. M. A. P., Loures, E. D. F. R., Santos, E. A. P. & Panetto, H.: *A capability model for public administration interoperability*. Enterprise Information Systems, 2019. doi: 10.1080/17517575.2018.1564154 Disponible en: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01965561/file/Cestari%20et%20al.pdf>
- Constaín S. C.: *Marco de interoperabilidad para Gobierno Digital*. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Colombia, 2019. Disponible en: [http://lenguaje.mintic.gov.co/sites/default/files/archivos/marco\\_de\\_interoperabilidad\\_para\\_gobierno\\_digital.pdf](http://lenguaje.mintic.gov.co/sites/default/files/archivos/marco_de_interoperabilidad_para_gobierno_digital.pdf)
- Architectural Working Group: *Levels of Information Systems Interoperability (LISI)*, 1998. Disponible en: <http://web.cse.msstate.edu/~hamilton/C4ISR/LISI.pdf>.
- CS Transform: *Beyond Interoperability: A New Policy Framework for e-Government*. CS Transform, 2009.
- Clark, T. & Jones, R.: “Organizational Interoperability Maturity Model for C2”. En Command and Control Research and Technology Symposium, 1999. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.200.107&rep=rep1&type=pdf>
- Delgado-Azuara, F., Hilera-González, J. R. & Ruggia-Frick, R.: “Soluciones para el intercambio electrónico de información de seguridad social a nivel internacional”. En *El profesional de la información*, 21(4), pp. 361-36, 2012. Disponible en: <https://recyt.fecyt.es/index.php/EPI/article/view/epi.2012.jul.05/17899>
- European Communities: *Study on Interoperability at Local and Regional Level*. Prepared for the eGovernment Unit, DG Information Society and Media, Final Draft Version, 2006.
- European Communities: *Draft Document as Basis for EIF 2.0*. Official Publications of the European Communities, 2008.



- European Communities: *New European Interoperability Framework*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017. Disponible en: [https://ec.europa.eu/isa2/sites/default/files/eif\\_brochure\\_final.pdf](https://ec.europa.eu/isa2/sites/default/files/eif_brochure_final.pdf)
- Febles, A. y González, A.: “Ideas iniciales del esquema nacional de interoperabilidad para el Gobierno electrónico en Cuba”. En *Revista Cubana de Transformación Digital* 1 (2), pp. 23-37, La Habana, 2020.
- Ford, Th. C., Colombi, J. M., Graham, S. R. & Jacques, D. R.: “A Survey on Interoperability Measurement”. Proceedings of the 12th International Command and Control Research and Technology Symposium. Newport, RI, June, 2007. Disponible en: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA481314>
- Gibbons, P. et al.: *Coming to Terms: Scoping Interoperability for Health Care*. EHR Interoperability Work Group, 2007.
- González, S. C.: *Arquitectura de eGovernment basada en Modelos de Información Interoperables*, Universidad de Oviedo, España, 2015.
- Government of India: *Policy on Open Standards for E-Governance*. Ministry of Communications & Information Technology, 2008. Disponible en: [http://egovstandards.gov.in/policy/policy-on-open-standards-for-e-governance/policy\\_doc\\_and\\_manual\\_used\\_in\\_printing\\_\\_recd\\_on\\_Nov\\_12.pdf/at\\_download/file](http://egovstandards.gov.in/policy/policy-on-open-standards-for-e-governance/policy_doc_and_manual_used_in_printing__recd_on_Nov_12.pdf/at_download/file)
- Guédria, W., Chen, D. & Naudet, Y.: “A Maturity Model for Enterprise Interoperability”. En Meersman R., Herrero P. & Dillon T. (Eds.), *On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2009 Workshops, Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 5872, Heidelberg: Springer, Berlin, 2009. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-05290-3\\_32](https://doi.org/10.1007/978-3-642-05290-3_32)
- Guédria, W., Naudet, Y. & Chen, D.: Enterprise Interoperability Maturity: A Model Using Fuzzy Metrics. En *Advanced Information Systems Engineering Workshops-CAiSE 2011*, London, UK, 2011. doi: 10.1007/978-3-642-22056-2\_8
- Hoel, T. & Hollins, P.: “Could European eGovernment Policy Initiative”. En *Effect, Be Stifling the Development of Learning Technologies?*, Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, IEEE Computer Society Press, pp. 239-241, Riga, Latvia, July, 2009. Disponible en: <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/ICALT..171>
- IEEE: “Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries”. En *IEEE Std 610*, pp.1-217, 18 Jan, 1991. doi: 10.1109/IEE-ESTD.1991.106963.

- Lallana, E. C.: *e-Government Interoperability*. United Nations Development Programme, 2008.
- Llanes M., Salvador Y., Aguilera E. y Escalona P.: “Hoja de ruta para avanzar hacia una administración pública moderna en Cuba. Reflexiones”. En *Revista Facultad de Ciencias Sociales de Costa Rica*, Vol. 98 (2), pp. 95-112, Costa Rica, julio-diciembre, 2019.
- Lewis, G., Morris, Ed., Simanta, S. & Wrage, L.: *Why Standards Are Not Enough to Guarantee End-to-End Interoperability*. Proceedings of the Seventh International Conference on Composition-Based Software Systems (ICCBSS 2008), IEEE Computer Society Press, pp. 164-173, Madrid, feb. 2008.
- Lloset de Nárdiz, M.: “La interoperabilidad legal en bioinformática a partir de la experiencia norteamericana y la europea ¿es posible la interoperabilidad legal a nivel global?”, Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá, España, 2019.
- Luna-Reyes, L. & Chun, S: Open government and public participation: Issues and challenges in creating public value. *Information Polity*, 17. pp. 77-81, 2012.
- Manso, M. A., Wachowicz, M., Bernabé, M. A., Sánchez, A. & Rodríguez, A. F.: *Modelo de Interoperabilidad Basado en Metadatos (MIBM)*. Proceedings JIDEE, 2008.
- Marc Novakouski, G. y Lewis, A.: *Interoperability in the e-Government Context*. TECHNICAL NOTE CMU/SEI-2011-TN-014, 2012.
- Moreno Escobar, H., Sin Triana H. y Silveira Netto S. N.: *Conceptualización de arquitectura de gobierno electrónico y plataforma de interoperabilidad para América Latina y el Caribe*, 2007. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/3578>
- Malotaux, M., van der Harst, G., Achtsivassilis, J. & Hahndiek, F.: Preparation for Update European Interoperability Framework 2.0, Final Report (Engagement 221402470), 2007.
- Morris, E., Levine, L., Meyers, C. & Plakosh, D.: System of Systems Interoperability (SOSI), Final Report, 2004.
- Morten Meyerhoff, N.: The Demise of eGovernment Maturity Models: Framework and Case Studies, Tesis doctoral, TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, 15 July, Finlandia, 2020.
- Pardo, Th. A. & Burke, G. B.: *Improving Government Interoperability: A Capability Framework for Government Managers*. Center for Technology in Government, SUNY Albany, 2008.

- Phillips, M.: *The Value of High Maturity to the Customer*, Jan 1, 2009. Disponible en: <http://www.sei.cmu.edu/library/abstracts/news-at-sei/cmiiinfo-cus.cfm>.
- Pyarelal, S.: *Interoperability and Open Standards for e-Governance.egov*, pp. 17-19, 2007.
- Sarantis, D., Charalabidis, Y. & Psarras, J.: “Towards Standardising Interoperability Levels for Information Systems of Public Administration”. En *The Electronic Journal for E-commerce Tools & Applications (eJETA)*, Special Issue on Interoperability for Enterprises and Administrations Worldwide, 2, pp. 1-15, 2008.
- Shouran, Z., Priyambodo T. K., Rokhman, N.: eGovernment Transformation: Literature Review, *International Journal of Scientific & Technology Research*, Vol. 8, ISSUE 06, 2019.
- Staden, S. V. & Mbale, J.: “The Information Systems Interoperability Maturity Model (ISIMM). Towards Standardizing Technical Interoperability and Assessment within Government”. En *I.J. Information Engineering and Electronic Business*, 5, pp. 36-41, 2008. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/207395782.pdf>
- UNDP: *e-Government Interoperability: Overview*. United Nations Development Programm, 2007.
- Wattegama, Ch. & Pauso, K.: *Government Interoperability Frameworks in an OpenStandards Environment (APDIP e-Note 20)*. United Nations APC/ICT, 2007.

# Arquitectura de gobierno electrónico

ARTURO CÉSAR ARIAS ORIZONDO

El desarrollo del programa de gobierno electrónico puede concebirse, de manera resumida, como un proceso que tiene por entrada a la estrategia de gobierno electrónico y cuyo resultado es la creación de servicios digitales de valor público. En este proceso son desarrolladas de forma sistemática y ordenada las capacidades tecnológicas y organizacionales, que sustentan a los servicios públicos digitales proyectados en la estrategia. Las capacidades organizacionales se refieren a aquellas que transforman los procesos de la Administración Pública para modernizar su actividad. Las tecnológicas son las que, mediante la adopción de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), habilitan esa modernización (Arias Orizondo, 2020).

El proceso de desarrollo del programa de gobierno electrónico es complejo, debido a su naturaleza multidisciplinar, amplio alcance y magnitud de sus impactos. Para tratar esta complejidad, racionalizar los recursos que se emplean y maximizar las posibilidades de éxito de los proyectos que conforman el programa, es necesario instaurar prácticas de gobierno y gestión de la información y las tecnologías asociadas, para la adecuada conducción del proceso, tema sobre el que el autor ha profundizado en trabajos previos (Arias Orizondo, 2018).

Cuando estas prácticas no se siguen, el desarrollo del gobierno electrónico está basado en proyectos aislados y espontáneos, que no comparten ni reutilizan los activos desarrollados (*hardware*, *software*, servicios, procesos), no es sistemática la utilización de normas, y surgen problemas de interoperabilidad y de compatibilidad entre las soluciones desarrolladas. Todo ello resulta en proyectos costosos y riesgosos.

Una de las prácticas de gobierno y gestión que facilita el abordaje de los retos anteriormente mencionados, se refiere

a la gestión de la arquitectura<sup>13</sup> de gobierno electrónico, práctica común en los programas nacionales de gobierno electrónico de diversos países, pues la arquitectura constituye la referencia directriz para encauzar sus procesos de desarrollo (Baheer, Lamas & Sousa, 2020). Por su importancia para el programa cubano, se tratarán aquí conceptos fundamentales para ilustrar cómo desarrollar la arquitectura nacional de gobierno electrónico.

Debido al alcance de la temática, en estas líneas no es posible detallar todos los elementos relacionados con la arquitectura; en cambio, se ofrece una visión de conjunto para ayudar a comprender la problemática tratada de manera holística y sugerir prácticas para su abordaje.

La arquitectura de gobierno electrónico es relevante, porque el proceso de desarrollo del programa puede describirse en términos de la evolución ordenada de esta arquitectura, bajo la guía de los modelos de referencia adoptados. En el tránsito hacia la arquitectura proyectada se desarrollan capacidades relacionadas con los procesos organizacionales de las instituciones involucradas en el programa, los datos y la información que estos manejan, los sistemas informáticos que sustentan a los procesos y los datos, y las plataformas tecnológicas que respaldan el funcionamiento de los sistemas. La figura 15 ofrece una representación gráfica de la evolución de la arquitectura, como parte del proceso de desarrollo del gobierno electrónico.

La arquitectura de gobierno electrónico no es más que la aplicación del concepto de Arquitectura Empresarial<sup>14</sup> (AE) al área del gobierno electrónico. La AE es la práctica de analizar, diseñar, planificar e implementar el análisis organizacional bajo un enfoque holístico, para ejecutar las estrategias de las organizaciones con éxito. Aplica principios y prácticas de arquitectura para guiar a las organizaciones a evolucionar los procesos organizacionales, el sistema de información y las tecnologías que lo sustentan, preservando la alineación entre estos (Haki & Legner, 2020).

<sup>13</sup> Es uno de los objetivos de gestión de COBIT 2019 (ISACA, 2018), especificado en el dominio «Alinear, Planificar y Organizar» (APO, por sus siglas en inglés), que puede aplicarse al ámbito del gobierno electrónico.

<sup>14</sup> Traducción del término en inglés *Enterprise Architecture*. En español puede interpretarse como arquitectura organizacional, para reforzar que el concepto abarca a organizaciones de cualquier índole.

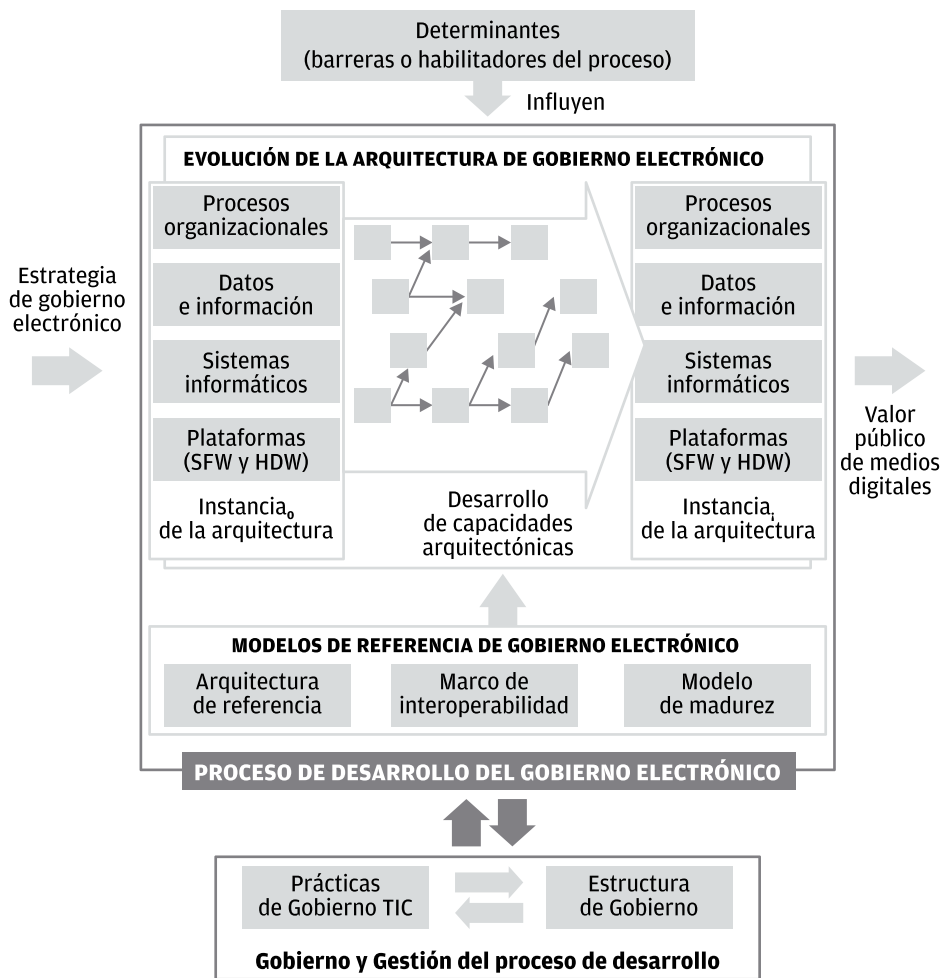


FIG. 15 EVOLUCIÓN DE LA ARQUITECTURA, COMO PARTE DEL PROCESO DE DESARROLLO DEL GOBIERNO ELECTRÓNICO (FUENTE: ELABORACIÓN DEL AUTOR).

La AE ofrece un método para documentar la arquitectura actual, la arquitectura futura o deseada, y el plan de evolución de la arquitectura, así como un método para gobernar el programa, al brindar soporte a las decisiones, el establecimiento de una política estándar, la alineación de recursos y su

planeación, buscando reutilizar los activos creados. También ofrece mecanismos para el control financiero del programa y la gestión de la configuración.

El enfoque de arquitectura empresarial ha sido ampliamente usado para desarrollar programas nacionales de gobierno electrónico (Mayakul, Sa-Nga-Ngam, Srisawat & Kiattisin, 2019) (Guo & Gao, 2020) (Nurmi, 2021). Su adopción proporciona el establecimiento de una definición común que facilita la participación de todas las partes interesadas y ofrece las mejores prácticas en la alineación negocio/TI.<sup>15</sup> Como resultado se logra una gestión eficiente de los servicios de gobierno electrónico, incluidos los recursos/servicios compartidos y el uso racional de la tecnología. Brinda soporte a la identificación y reutilización de activos compartidos y la estandarización en el intercambio e integración en todo el país.

Existen marcos de trabajo generales de arquitectura empresarial adoptados para implementar programas nacionales de gobierno electrónico y otros diseñados específicamente para estos propósitos. De acuerdo con un estudio realizado recientemente (Mokone, Eytayo & Masizana, 2019), como ejemplos de lo anterior destacan dos marcos de trabajo: The Open Group Architecture Framework (TOGAF) (The Open Group Architecture Forum, 2018), marco general, y el Federal Enterprise Architecture Framework (FEAF) (Office of E-Government and Information Technology, 2013), marco específico.

TOGAF es diseñado por el Open Group.<sup>16</sup> Su primera versión fue liberada en 1995 y la versión 9.2, la más actual, fue publicada en 2018. Este marco de trabajo describe la arquitectura empresarial empleando cuatro dimensiones: negocio, sistemas de información (que incluye a las aplicaciones y los datos) y tecnología, y ofrece un método para el desarrollo cíclico de la arquitectura, cuyas etapas pueden observarse en la figura 16.

El FEAF, diseñado y empleado en Estados Unidos, adopta la orientación a servicios como paradigma para estructurar la arquitectura y garantizar la reutilización de los activos creados. Es importante resaltar esta característica en el desarrollo de soluciones de gobierno electrónico, pues para la prestación de

<sup>15</sup> Término empleado para destacar la relación entre los procesos organizacionales y las tecnologías de la información que les brindan soporte.

<sup>16</sup> El consorcio global, cuyas oficinas centrales se ubican en el Reino Unido, tiene la misión de habilitar el logro de objetivos organizacionales a través de la adopción de estándares tecnológicos.

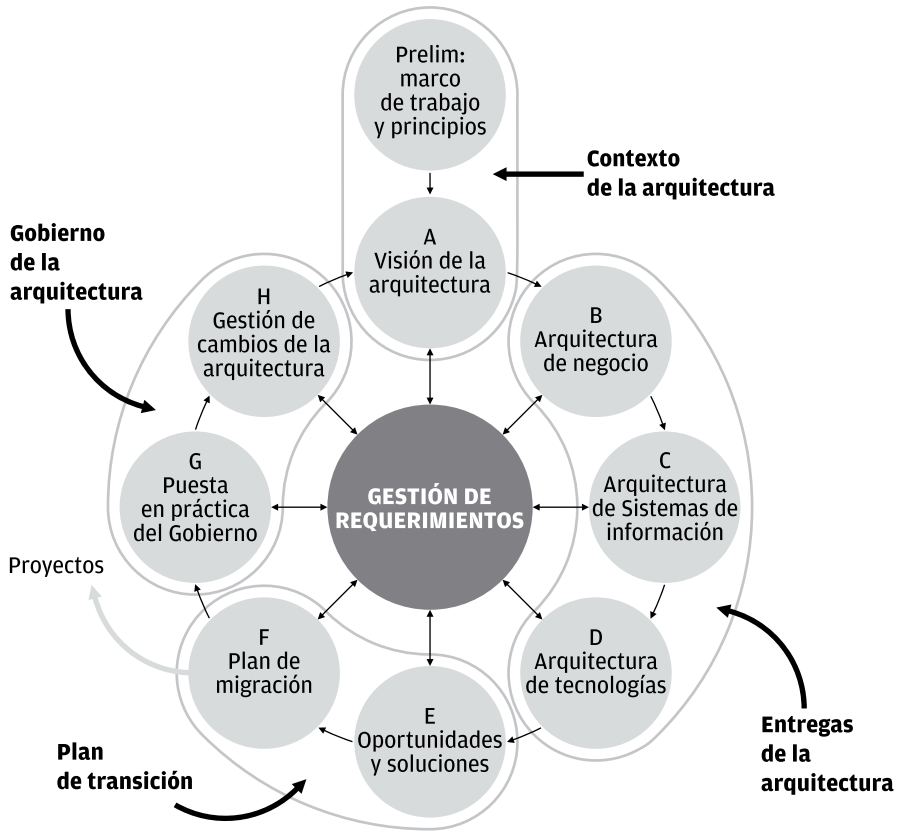


FIG. 16 MÉTODO DE DESARROLLO DE LA ARQUITECTURA DE TOGAF (FUENTE: THE OPEN GROUP ARCHITECTURE FORUM, 2018).

servicios públicos integrados, la reutilización es el motor de la interoperabilidad, reconociendo que los servicios públicos deben aprovechar la información y los servicios que ya existen, y pueden estar disponibles de diversas fuentes, dentro o fuera de los límites organizativos de la Administración Pública. Esta es una de las contribuciones más importantes que ofrece la adopción del enfoque de arquitectura empresarial en los programas de gobierno electrónico.

El FEAF ha sido utilizado como punto de partida por otros países, en el diseño de sus arquitecturas de gobierno electrónico. Un ejemplo son las arquitectu-



ras de Australia (Australian Government Information Management Office, 2011) y Qatar (Qatar Digital Government, 2018c); esta última –en opinión de este autor–, ofrece una arquitectura moderna y robusta, que adopta en su concepción los nuevos paradigmas tecnológicos. Por ello –y ante la ausencia de una arquitectura de referencia en el país para estructurar el desarrollo del programa–, la Arquitectura Empresarial de Gobierno de Qatar será empleada aquí como referencia fundamental para profundizar en la concepción de una arquitectura de gobierno electrónico y describir las dimensiones que deben conformarla, como se expone a continuación.

### Dimensión de procesos organizacionales

La dimensión de procesos organizacionales de la arquitectura define cómo las instituciones públicas deben diseñar y desarrollar la nueva generación de servicios digitales, para implementar sus estrategias y la de la nación, y como resultado, crear nuevos modelos operacionales. La figura 17 describe gráficamente los principales elementos que conforman esta dimensión, de acuerdo con la arquitectura de negocio del Modelo de Referencia de Negocio de la Arquitectura Empresarial del Gobierno de Qatar (Qatar Digital Government, 2018b).

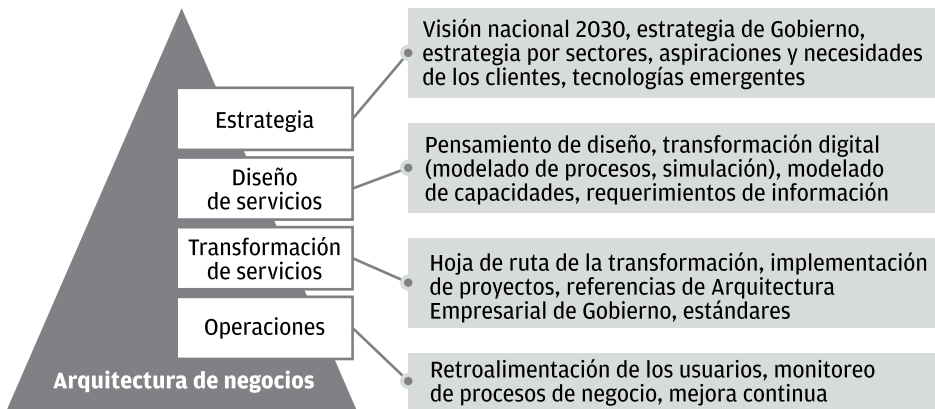


FIG. 17 DIMENSIÓN DE NEGOCIO DE LA ARQUITECTURA DE GOBIERNO ELECTRÓNICO (FUENTE: QATAR DIGITAL GOVERNMENT, 2018B).

A continuación se describen los elementos que conforman la dimensión de negocio de la arquitectura de gobierno electrónico.

La estrategia, punto de partida para definir la arquitectura de negocio deseada, proyecta una visión nacional a largo plazo y contempla, además, estrategias específicas por sectores, las cuales incorporan las necesidades y aspiraciones de los beneficiarios del programa, así como las tecnologías emergentes o habilitadores digitales clave, que se deben emplear en la modernización de la Administración Pública.

Una estrategia clara abre el camino al diseño de servicios digitales de calidad. Este proceso debe incorporar el «pensamiento de diseño» (Sirendi & Taveter, 2016), filosofía de trabajo que ubica a los usuarios finales en el centro de atención. Mediante el empleo del pensamiento de diseño, se adaptan las necesidades de las personas a lo tecnológicamente viable, y a las oportunidades que una estrategia de negocio realista puede generar y convertir en valor para los usuarios.

Algunas acciones que caracterizan el pensamiento de diseño aplicado al desarrollo de soluciones de gobierno electrónico, son:

- Crear empatía: comenzar por las necesidades de los usuarios.
- Reutilizar: compartir para reutilizar y evitar rehacer.
- Diseñar con datos: los datos impulsan la toma de decisiones sobre los servicios existentes.
- Simplificar las cosas: hacer el trabajo duro para hacerlo simple. Por lo general es más difícil simplificar las cosas, pero es lo correcto.
- Diseño accesible: un buen diseño para lograr inclusión. Si es necesario, sacrificar elegancia.
- Comprender el contexto en el que serán usados los servicios (¿usados a través de un móvil, los usuarios han usado la web?).
- Construir servicios digitales, no sitios web: el mundo digital tiene que conectar con el mundo real y las necesidades de los usuarios.
- Ser consistente, más que uniforme: se deberían emplear los mismos lenguajes y patrones de diseño, pero cuando no es posible, lo importante es emplear enfoques consistentes. El empleo de estándares sustenta los enfoques consistentes.

El adecuado diseño de los servicios requiere modelar los procesos del estado actual y del deseado, de las organizaciones implicadas en la modernización de la Administración Pública, empleando para ello mejores prácticas del modelado

de procesos y la transformación. Los procesos deben estar guiados por la misión, la visión, las metas estratégicas y los objetivos de desempeño medibles, los que deben ser claros para los usuarios y otras partes interesadas. El modelado debe ser agnóstico, en cuanto a las estructuras organizacionales que subyacen y las tecnologías. Los procesos deben ser modelados y documentados, empleando para ello formatos estándares.

El modelado de los procesos del estado futuro debe centrarse en las áreas especificadas por los objetivos estratégicos de la organización, y hacer énfasis en puntos débiles y mejoras necesarias de los procesos actuales para crear valor medible. Es útil emplear como referencia procesos estándares aceptados por la industria o el sector de negocio. En este proceso deben identificarse, además, requisitos informativos del negocio que pueden ser encontrados en fuentes internas y externas a las organizaciones.

El diseño de los servicios se beneficiaría del empleo de técnicas de simulación, las cuales desempeñan un importante papel en la mejora continua de procesos. Mediante la simulación, las organizaciones pueden predecir el desempeño de los procesos bajo ciertas condiciones. Puede emplearse durante el diseño de los procesos, para medir el desempeño, detectar cuellos de botella y evaluar cambios.

Una vez modelado el estado deseado de los procesos organizacionales, es necesario evaluar el impacto de los cambios propuestos, que pueden requerir ajustes en las operaciones, introducir innovaciones y mejorar los procesos. Ello se complementa con el análisis de las capacidades organizacionales, que se refieren a habilidades requeridas para alcanzar metas predefinidas. Las capacidades pueden expresarse en términos de procesos, objetos y personas, y son utilizadas por los procesos de negocio para hacer posible que el trabajo se realice, ya sea de forma automática o manual.

Por tanto, no es suficiente proyectar un estado deseado solo de los procesos; de igual forma, hay que hacerlo con el modelo de capacidades organizacionales, para lo cual es necesario realizar un análisis de brecha y comparar las capacidades existentes con aquellas identificadas, para sustentar el estado deseado de los procesos, seleccionar las que son requeridas, identificar las que requieren mejoras, capturar requisitos para las nuevas capacidades y compararlas con las mejores prácticas del sector.

Una vez definidas las proyecciones es viable pasar a la planeación de la transformación, pero antes se requiere identificar los elementos clave de las

organizaciones que deben cambiar para implementar la estrategia deseada, así como las capacidades y la arquitectura definida que la sustentarán.

Durante la planeación de la transformación se identifican las iniciativas (proyectos) que deberán ser desarrolladas. Cada una será definida dentro del contexto de la arquitectura y la estrategia, así como alcance, objetivos, beneficios que generará y su importancia para la organización u organizaciones involucradas. Además, debe ser mapeada con las iniciativas existentes para detectar cualquier solapamiento e identificar potenciales ahorros. Resulta importante obtener información adicional que ayude a la priorización de las iniciativas y a la creación de la hoja de ruta, considerando estimación de costos, esfuerzo, tiempo de ejecución y riesgos.

Las iniciativas que conformen la hoja de ruta deben ser gestionadas e implementadas según las normativas definidas y someterse a revisiones técnicas periódicas, para asegurar el cumplimiento de la arquitectura de referencia y los estándares.

Estas son algunas recomendaciones generales para la planeación de la transformación, mediante el diseño de la hoja de ruta:

- Las iniciativas y los proyectos se gestionan como parte de un programa definido para 3-5 años de duración.
- Las iniciativas y los proyectos deben estar alineados con los objetivos estratégicos previamente definidos.
- Se deben establecer criterios consensuados de priorización de proyectos: resultados rápidos de alto impacto, rentabilidad social, estado de avance de los proyectos, fomento a los pequeños y medianos productores.
- Considerar en la planeación relaciones de dependencia y precedencia entre los proyectos.
- Concebir un plan único de desarrollo por las siguientes razones:
  - \* Contar con un marco orientador que dé sentido a los proyectos nuevos o en curso.
  - \* Racionalización de los recursos: no se dispersan, apuntan a una misma hoja de ruta.
  - \* Evitar duplicidad de esfuerzos.
  - \* Desarrollo armónico entre organismos y entidades participantes.
  - \* Estrategia común de comunicación y difusión de los resultados.

- \* Propicia la colaboración entre organismos de la Administración Pública.
- \* Racionaliza las necesidades de capacitación de las entidades participantes.
- \* Disminución de los costos de mantenimiento y operación de la infraestructura de TI.
- \* Facilitar la compatibilidad de los sistemas informáticos mediante el empleo de estándares comunes en todas las instituciones.

Finalmente, desde estas etapas iniciales, es necesario prever los mecanismos que habilitan la mejora continua de los servicios digitales implementados por los proyectos e iniciativas que conforman la hoja de ruta. Estos mecanismos descansan en tres pilares fundamentales:

1. Retroalimentación de los usuarios: requiere identificar métricas específicas, así como los métodos para obtener la retroalimentación, los que pueden incluir encuestas en línea, canales de participación electrónica y métodos analíticos avanzados (por ejemplo, análisis de sentimientos). Además, resultaría útil realizar análisis objetivos de las respuestas.
2. Monitoreo de procesos de negocio: habilita la inteligencia operacional y la evaluación del desempeño de los procesos.
3. Mejora continua: para refinar continuamente los procesos y asegurar que son lo más eficiente y efectivos posibles.

En resumen, la dimensión de procesos organizacionales de la arquitectura es esencial para encauzar correctamente el programa de gobierno electrónico, pues se trata de modernizar la administración pública, mediante la transformación de sus procesos con el apoyo de tecnologías digitales. Este apoyo tecnológico se logra con la articulación y alineación del resto de las dimensiones de la arquitectura que serán tratadas a continuación.

## **Dimensión de datos e información**

La información es una colección autorizada (proviene de una fuente confiable) de recursos de datos digitales, gestionada por una agencia, categorizada para ser descubierta y gobernada por un administrador de datos. Es un activo estratégico de las organizaciones y su apropiada gestión facilita la generación de conocimiento y una toma de decisiones más objetiva y oportuna.

La información, para que pueda ser usada de modo consistente, eficiente y genere valor, debe ser descubrible, descrita de forma estándar, administrada, compartida y reutilizada. La figura 18 ilustra gráficamente estos mecanismos.



FIG. 18 MECANISMOS PARA ASEGURAR LA GENERACIÓN DE VALOR DE LA INFORMACIÓN (FUENTE: ELABORACIÓN DEL AUTOR).

El Modelo de Referencia de la Información de la Arquitectura Empresarial de Gobierno de Qatar (Qatar Digital Government, 2018d), propone una arquitectura para asegurar el intercambio de información entre las agencias del gobierno y brindar soporte a los mecanismos anteriormente mencionados. La arquitectura propuesta se divide en capas que colaboran entre sí y sus componentes responden a la configuración típica de una Arquitectura Orientada a Servicios (SOA, por sus siglas en inglés), como ilustra la figura 19.

A continuación se ofrece una breve descripción de las capas que conforman la arquitectura de intercambio de información empleada como referencia:

- **Consumo de servicios del gobierno:** esta capa se refiere a las capacidades de autoservicio necesarias para el consumo de servicios de información. Incluye publicación de servicios, gestión de suscripciones, gestión de catálogos y análisis de uso de los servicios.

	Agencias proveedoras de servicios		Agencias consumidoras de servicios		Administradores de la plataforma
Consumo de servicios	Portal del desarrollador	Administración de suscripciones	Catálogo de API	Analíticas de servicios	
Servicios de entrada	Validación de esquemas	Firewall de XML	Seguridad AAA	Administración a nivel de servicios	Puentes Soap/Rest
Mediación de servicios	Transformación de contenidos	Conversión de protocolos	Enrutamiento	Publicación/suscripción	
	Calidad de servicios	Composición de servicios	Comunicación asincrónica		
Registro de servicios	Repositorio de servicios	Registro de servicios	Administración de políticas	Virtualización de servicios	
Monitoreo y gestión de servicios	Monitoreo de sistemas	Monitoreo de servicios	Autenticación	Diccionario de datos	Auditoría
Sistemas de las agencias	Sistema de registros autorizado	Sistemas heredados			

FIG. 19 CAPAS QUE CONFORMAN LA ARQUITECTURA DE INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN (ADAPTADO DE QATAR DIGITAL GOVERNMENT, 2018D).

- **Servicios de entrada:** esta capa garantiza el cumplimiento de la seguridad y de las políticas, al tiempo que permite las interacciones de sistema a sistema entre los sistemas *backend* de las organizaciones, a través de la plataforma basada en SOA, que aprovecha tecnologías estándares.
- **Mediación de servicios:** conjunto de capacidades que la plataforma central puede aplicar a solicitudes de servicio, antes de invocar el servicio del proveedor, como conversión de protocolo de transporte, conversión de formato de datos, división y fusión de mensajes e invocación de servicios. También se utiliza para la integración con los sistemas heredados.
- **Registro de servicios:** actúa como la capa de gestión de servicios en el contexto SOA, para gestionar el ciclo de vida, los puntos finales, los metadatos, las políticas y los Acuerdos de Niveles de Servicio (SLA, por sus siglas en inglés) de los servicios.
- **Monitoreo y gestión de servicios:** abarca las capacidades de gestión de eventos, registro y supervisión del ambiente de servicios.

- **Sistemas de las agencias:** muestra los sistemas propios de sectores del Gobierno, los que ofrecen servicios de información autorizados y confiables.

Este modelo de referencia proporciona orientación sobre la arquitectura de intercambio de información y los estándares aplicables. Facilita la estandarización del lenguaje/terminología relacionado con clasificación, descripción de activos de información en las entidades gubernamentales e intercambio de información. Proporciona un método para la identificación de las fuentes primarias de información en el Gobierno y sus propietarios autorizados. Promueve la utilización de la información para satisfacer las necesidades del Gobierno y los ciudadanos. Facilita la identificación de esfuerzos duplicados de recopilación de datos para que los ciudadanos no tengan que enviar la misma información dos veces e implementar el principio de una sola vez.

## Dimensión de sistemas informáticos

La dimensión de sistemas informáticos de la arquitectura de gobierno electrónico ofrece una referencia para el desarrollo de las aplicaciones.<sup>17</sup> Además, aporta una terminología estándar para clasificar las aplicaciones y los servicios. Su uso es importante a la hora de identificar las oportunidades de reutilización de activos de TI, así como identificar las tecnologías adecuadas para satisfacer necesidades del programa.

El Modelo de Referencia de Aplicaciones de la Arquitectura Empresarial de Gobierno de Qatar (Qatar Digital Government, 2018a) describe la arquitectura y los estándares que se van a emplear para crear las aplicaciones que respaldan los servicios gubernamentales. Este modelo es multicapa y está orientado a servicios para promover el reúso y la interoperabilidad. Prevé el desarrollo de microservicios<sup>18</sup> en la construcción de las aplicaciones e incorpora el enfoque DevOps.<sup>19</sup>

---

<sup>17</sup> Componentes de *software* que residen en una infraestructura, y cuando son gestionados y agregados pueden ser usados para crear, usar, compartir y almacenar datos e información, y así habilitar servicios de negocio (Qatar Digital Government, 2018a).

<sup>18</sup> Los microservicios son un enfoque arquitectónico y organizativo para el desarrollo de *software*, donde este *software* está compuesto por pequeños servicios independientes que se comunican a través de API bien definidas.

<sup>19</sup> Acrónimo inglés de *development* (desarrollo) y *operations* (operaciones). Es un conjunto de prácticas que combina las operaciones de TI (Ops) y el desarrollo de *software* (Dev).



Esta dimensión incluye componentes para la gestión de procesos de negocio, integración de aplicaciones y datos, manejo de fuentes de almacenamiento, aplicaciones de negocio específicas, infraestructuras genéricas con capacidad para ser empleadas por otras aplicaciones y la conexión con sistemas heredados. En la figura 20 se pueden ver los componentes fundamentales que conforman la arquitectura de aplicaciones, según el modelo de referencia empleado.

Las capas que conforman la arquitectura de aplicaciones son:

- **Sistemas de usuarios:** representa las aplicaciones orientadas al usuario final, que exponen los servicios públicos digitales a clientes G2C, G2B y G2G,<sup>20</sup> que se desarrollarán usando las capacidades de tecnología compartida de capas inferiores.
- **Servicios:** incluyen los servicios de negocio (API<sup>21</sup> de servicios de negocio, API de analítica de negocio) y los servicios de procesos (completamente informatizados de extremo a extremo, coreografía y orquestación de procesos).
- **Plataforma para la habilitación de servicios:** capacidades proporcionadas como componentes Plataforma como Servicio (PaaS). Los desarrolladores de las agencias gubernamentales podrán concebir instancias de componentes de servicio PaaS y utilizarlos para desarrollar sus aplicaciones.
- **Servicios de integración:** incluyen los servicios de integración de aplicaciones y datos. Además, repositorios de datos, útiles para realizar análisis a nivel nacional y reutilizar los datos.
- **Aplicaciones y servicios compartidos:** incluyen las aplicaciones de infraestructura y aplicaciones de negocio que se proporcionan a nivel del Gobierno, para ser utilizadas por los servicios de las agencias gubernamentales.
- **Sistemas de registros:** representan los sistemas heredados, las aplicaciones COTS<sup>22</sup> y los almacenes de datos heredados dentro de los límites de los organismos. Estos aprovecharán los servicios de integración de aplicaciones para exponer información de los sistemas/almacenes de datos en esta capa.

<sup>20</sup> Tipos de interacción Gobierno-Ciudadano (G2C), Gobierno-Empresa (G2B) y Gobierno-Gobierno (G2G).

<sup>21</sup> Interfaz de programación de aplicaciones (API, por sus siglas en inglés). Permite que los servicios se comuniquen con otros sin necesidad de saber cómo están implementados.

<sup>22</sup> Productos, cuya configuración facilita que se adapte a usos específicos.

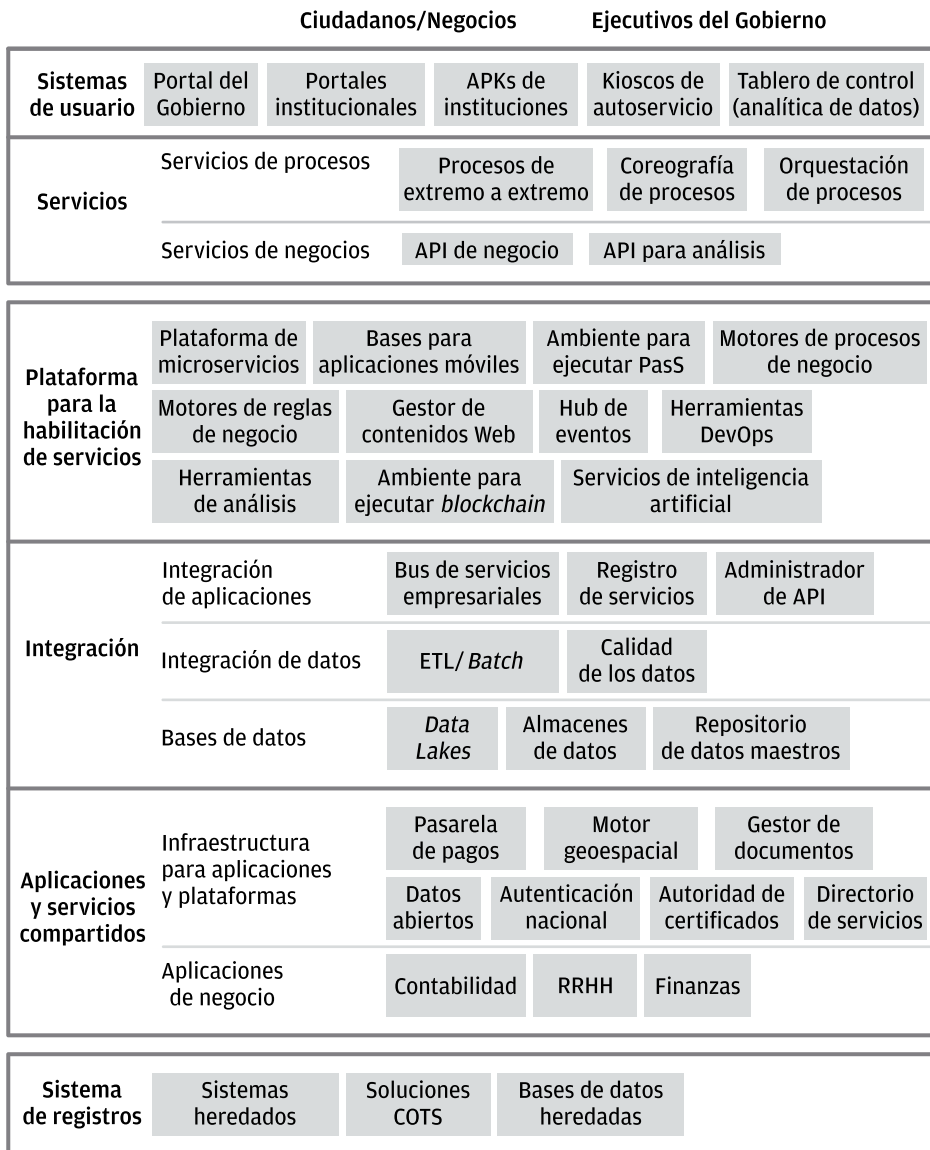


FIG. 20 COMPONENTES QUE CONFORMAN LA ARQUITECTURA DE APLICACIONES (VERSIÓN SIMPLIFICADA, TOMADA DE QATAR DIGITAL GOVERNMENT, 2018A).

Como se aprecia, el desarrollo de la arquitectura de aplicaciones no es trivial; requiere la preparación de especialistas para emplear tecnologías que no son las habituales en el desarrollo de aplicaciones «aisladas». El desarrollo de aplicaciones pasa a un enfoque abierto, donde la reutilización de soluciones existentes es clave, lo que demanda esfuerzos tecnológicos, organizativos y metodológicos.

## **Dimensión de plataformas**

Es necesario disponer de una infraestructura que brinde soporte a las aplicaciones desarrolladas. La infraestructura se refiere a las plataformas compuestas por *hardware*, *software* y medios de entrega, sobre las cuales se pueden implementar soluciones, aplicaciones y servicios TIC. El término «plataforma» abarca los componentes de infraestructura física y tecnológica. Esto incluye tanto las capacidades de infraestructura compartida, proporcionadas a nivel nacional, como las capacidades específicas de cada agencia u organismo que participa en el programa.

El diseño de la infraestructura debe cumplir determinados principios y sustentar la naturaleza cambiante de los servicios, mediante una infraestructura flexible y reconfigurable, con capacidad para ofrecer nuevos servicios de manera ágil y asegurar el escalamiento automático. Además, debe garantizar la calidad de los servicios, mediante una conectividad robusta, alta utilización de la infraestructura sin comprometer el desempeño de los servicios y una administración simplificada, mediante el empleo de las herramientas adecuadas.

La arquitectura de infraestructura es útil, porque permite disponer de un inventario de los activos que componen la infraestructura, lo que facilita:

- La planificación de iniciativas de transformación y el mantenimiento de la infraestructura.
- Promover la estandarización de los activos de la infraestructura.
- Identificar y explotar al máximo los activos compartidos.
- El análisis de impacto de nuevos activos en el resto de los componentes de la arquitectura.
- La migración de activos de la infraestructura interna hacia la nube.

Entre las tendencias tecnológicas que se constituyen en pilares para construir la infraestructura destacan:

- Virtualización de la infraestructura.
- Empleo de tecnología de contenedores.
- Gestión de servicios en la nube.
- Estandarización.

Un ejemplo de cómo se materializan estos pilares lo ofrece la figura 21, la que describe gráficamente los componentes fundamentales que conforman la arquitectura de infraestructura según el modelo de referencia empleado (Qatar Digital Government, 2018e).

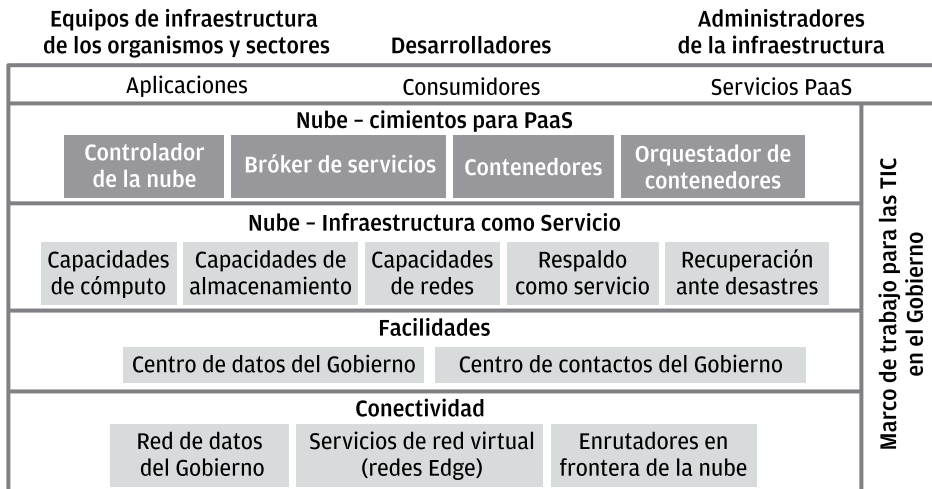


FIG. 21 COMPONENTES DE LA ARQUITECTURA DE INFRAESTRUCTURA (ADAPTADA DE QATAR DIGITAL GOVERNMENT, 2018E).

A continuación se describen las capas y los componentes que conforman la arquitectura de infraestructura, de acuerdo con el modelo de referencia:

- Consumidores: de los servicios de infraestructura:
  - \* Aplicaciones: aprovechan los servicios de infraestructura como destino para su alojamiento y administración.

- \* Servicios PaaS: servicios proporcionados como componentes de «plataforma como servicio» (PaaS), utilizando los servicios PaaS subyacentes. Los desarrolladores de las agencias del Gobierno pueden aprovechar los servicios PaaS para desarrollar nuevas aplicaciones.
- PaaS basada en la nube: capacidades fundamentales de la plataforma como servicio, necesarias para crear un mercado de servicios técnicos y funcionales suministrados bajo demanda.
- IaaS basada en la nube: capacidades de infraestructura como servicio (IaaS), que permiten a las agencias gubernamentales adquirir recursos informáticos de TI con mayor facilidad. Los servicios en la nube aprovecharán los componentes de la infraestructura física virtualizada subyacente.
- Facilidades: capacidades compartidas a agencias gubernamentales. Incluyen:
  - \* Centro de datos del Gobierno: centros de datos para hospedaje y supervisión de la infraestructura informática y de almacenamiento de las agencias.
  - \* Centro de contacto del Gobierno: punto de contacto para todas las consultas y los problemas relacionados con los servicios clave del Gobierno.
- Conectividad: servicios de conectividad ofrecidos de manera centralizada para todos los organismos participantes en el programa de gobierno electrónico.
- Marco de trabajo para las TIC: acuerdo para impulsar la optimización de la contratación de servicios de TIC de manera estándar.

Para finalizar el análisis es oportuno enfatizar sobre cuatro aspectos esenciales en el desarrollo de la arquitectura:

1. Estandarización: el desarrollo de la arquitectura se rige por un conjunto de políticas, normas, estándares, guías, modelos de referencia y especificaciones técnicas que constituyen fundamentos del sistema de Gobierno y gestión del programa.
2. Reutilización: la reutilización de los activos creados es base para la racionalización de los recursos de TI y para lograr interoperabilidad entre las aplicaciones. Adoptar la orientación a servicios, como paradigma para estructurar la arquitectura, es una vía para lograr reutilización e interoperabilidad.
3. Segmentación: para tratar la complejidad de la arquitectura y atender particularidades de dominios de negocio específicos, es una práctica común diseñar

segmentos de la arquitectura por domino, previendo en el diseño de estos la reutilización de los activos compartidos que son comunes a todos los dominios.

4. Seguridad: la seguridad debe ser concebida desde el principio. En un ambiente de alta exposición de funciones y datos como servicios, estos deben ser protegidos para lograr su consumo seguro.

El programa cubano de gobierno electrónico requiere con urgencia el desarrollo de una arquitectura, cuyo diseño incorpore las buenas prácticas internacionales que puedan adoptarse/adaptarse al contexto nacional. En función de lograr este propósito y como síntesis del análisis anteriormente realizado se emiten las siguientes recomendaciones generales.

1. Desarrollar la arquitectura nacional de gobierno electrónico. Para ello:

- a) Establecer un grupo de trabajo permanente para el desarrollo y la evolución de la arquitectura.
- b) Emplear un marco de trabajo de arquitectura empresarial como método general de desarrollo de la arquitectura. Se propone TOGAF 9.2.
- c) Adoptar una arquitectura de referencia basada en servicios para identificar los componentes estructurales a utilizar en el desarrollo la arquitectura nacional.
- d) Desarrollar la arquitectura nacional de gobierno electrónico:
  - i) Definir los principios arquitectónicos que regirán el diseño de la arquitectura.
  - ii) Identificar componentes lógicos que la conforman (generales y por segmentos).
  - iii) Proponer tecnologías para instanciar los componentes lógicos de la arquitectura.

2. Establecer un plan de desarrollo de la arquitectura:

- a) Diagnosticar la situación actual del programa de gobierno electrónico de acuerdo a las capas que conforman la arquitectura.
- b) Proyectar el estado deseado de la arquitectura.
- c) Diseñar la agenda priorizada de proyectos para la evolución de la arquitectura.

## Conclusiones

El desarrollo de la arquitectura de gobierno electrónico y la planeación de su evolución son determinantes para la conducción efectiva del programa cubano de gobierno electrónico. La visión de conjunto que brinda el diseño de una arquitectura nacional y la concepción de un plan único de desarrollo, facilitan la reutilización de los activos creados (*hardware*, *software*, servicios, procesos) y la coherencia entre los proyectos del plan, haciendo que el proceso de desarrollo del gobierno electrónico sea más eficiente.

Además, la utilización sistemática de estándares y los mecanismos para implementar la reutilización, concebidos como parte de la arquitectura, contribuyen a lograr racionalidad en los desarrollos e interoperabilidad y compatibilidad entre las soluciones informáticas. Estos atributos son esenciales para transitar hacia las etapas más avanzadas del gobierno electrónico, en las que deben completarse transacciones que involucran a varias organizaciones, lo que genera mayor valor público.

## Referencias bibliográficas

- Arias Orizondo, A. C.: “Principios de gobernabilidad aplicables al programa de gobierno electrónico en Cub”. VIII Congreso Ibeoramericano de Ingeniería de Proyectos, La Habana, 2018. Disponible en: <http://edacunob.ult.edu.cu/bitstream/123456789/76/1/Libro%20Uciencia.pdf>
- Arias Orizondo, A. C.: “Modelo para sistematizar capacidades requeridas en el desarrollo del Programa Cubano de Gobierno electrónico”. En *Revista Cubana de Transformación Digital*, 1(2), pp. 38-50, La Habana, 2020. Disponible en: <https://rctd.uic.cu/rctd/article/view/73/14>
- Australian Government Information Management Office: *Australian Government Architecture Reference Model. Version 3.0*. Department of Finance and Deregulation, 2011. Disponible en: <http://www.finance.gov.au/e-government/index.html>.
- Baheer, B. A., Lamas, D. & Sousa, S.: “A Systematic Literature Review on Existing Digital Government Architectures. State-of-the-Art, Challenges, and Prospects”. En *Administrative sciences*, 10(25), 2020.
- Guo, H. & Gao, S.: *Enterprise Architectures in E-Governments Studies: Why, What and How?* Responsible Design, Implementation and Use of Information and Communication Technology, 12067, pp. 3-14, 2020.

- Haki, K. & Legner, C.: “The mechanics of enterprise architecture principles”. En *Journal of the Association for Information Systems*, 2020. Disponible en: [https://www.alexandria.unisg.ch/261298/1/Mechanics%20of%20EA%20Principles\\_JAIS\\_ToBeUploadedOnOurWebPages.pdf](https://www.alexandria.unisg.ch/261298/1/Mechanics%20of%20EA%20Principles_JAIS_ToBeUploadedOnOurWebPages.pdf)
- ISACA: COBIT 2019 Design Guide: *Designing an Information and Technology Governance Solution*. Schaumburg, IL, ISACA, EE. UU., 2018. Disponible en: <https://www.isaca.org/resources/cobit>
- Mayakul, T., Sa-Nga-Ngam, P., Srisawat, W. & Kiattisin, S.: “A comparison of national enterprise architecture and e-government perspectives”. En *4<sup>th</sup> Technology Innovation Management and Engineering Science International Conference (TIMES-iCON)*, Bangkok, Thailand, 2019.
- Mokone, C. B., Eytayo, O. T. & Masizana, A.: “Decision support process for selection of an optimal Enterprise Architecture framework for e-Government implementation”. En *Journal of e-Government Studies and Best Practices*, 2019.
- Nurmi, J.: “Enterprise Architecture in Public Sector Ecosystems: A systems perspective”. Tesis de doctorado, Faculty of Information Technology, University of Jyväskylä. Finland, 2021. Disponible en: [https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/73650/978-951-39-8518-9\\_vaitos29012021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/73650/978-951-39-8518-9_vaitos29012021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Office of E-Government and Information Technology: *Federal Enterprise Architecture Framework*. Version 2, Office of Management and Budget, Washington, D.C., 2013. Disponible en: <https://www.whitehouse.gov/omb/management/egov/#B2>.
- Qatar Digital Government: *Application Reference Model*. Government Enterprise Architecture (GEA), 2018(a). Disponible en: <http://www.motc.gov.qa/en/file/documents/en3applicationreferencemodelpdf-0>.
- Qatar Digital Government: *Business Reference Model*. Government Enterprise Architecture (GEA), 2018(b). Disponible en: <http://www.motc.gov.qa/en/file/documents/en1businessreferencemodelv1pdf-0>.
- Qatar Digital Government: *Government Enterprise Architecture Framework*, 2018(c). Disponible en: <https://www.motc.gov.qa/en/documents/document/government-enterprise-architecture-framework>.
- Qatar Digital Government: *Information Reference Model*. Government Enterprise Architecture (GEA), 2018(d). Disponible en: <http://www.motc.gov.qa/en/file/documents/en2informationreferencemodelv1pdf-1>.



- Qatar Digital Government: *Infrastructure Reference Model*. Government Enterprise Architecture (GEA), 2018(e). Disponible en: <http://www.motc.gov.qa/en/file/documents/en4infrastructurereferencemodelpdf-0>.
- Sirendi, R. & Taveter, K.: “Bringing Service Design Thinking into the Public Sector to Create Proactive and User-Friendly Public ServicesHCI in Business, Government, and Organizations: Information Systems”. In F. F.-H. Nah & C.-H. Tan (Series Eds.), *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 9752, pp. 221-230, Springer International Publishing, 2016.
- The Open Group Architecture Forum: *The TOGAF Standard*. Version 9.2. The Open Group, 2018. Disponible en: <https://www.opengroup.org/togaf-standard-version-92-licensed-downloads>

# Recursos humanos para la transformación digital: un tema decisivo

ALINA RUIZ JHONES / JULIO VIDAL LARRAMENDI

La TD va sobre todo de cultura y la cultura va de la gente que la porta. Ahora bien, ¿qué tipo de personas se necesita para llevar adelante la TD con éxito, y cómo la preservamos y preparamos? ¿Cómo logramos que esas personas sean productivas, eficientes y estén satisfechas con su trabajo, sus aportes y sus vidas? A nuestro juicio, este análisis debe hacerse desde varias aristas:

- La situación de la fuerza de trabajo calificada (FTC), habilitadora fundamental para la TD.
- La calificación de la fuerza laboral actual para enfrentar y participar en la TD.
- La preparación de la población, desde edades tempranas, como ciudadanos digitales con protagonismo en el cambio, recibéndolo, aprovechándolo, generándolo, a partir de lo que llamamos «ciencia e innovación ciudadanas».

## **La fuerza de trabajo calificada**

Consideraremos en este grupo a los profesionales graduados de la enseñanza superior o los técnicos de nivel medio en temas TIC. Obviamente, puede haber quienes, sin tener esta formación, a partir de la práctica y experiencia de años, puedan clasificar como fuerza de trabajo calificada, pero lo usual es considerar aquí al personal que tiene alguna preparación académica.

Contextualicemos, inicialmente, la situación del mercado laboral en el mundo pospandemia, ya que este es un elemento que influye y seguirá influyendo en la disponibilidad de FTC para la TD en Cuba.

En el reporte «The Future of Jobs Report 2020» («El futuro de los empleos, reporte 2020»), del Fórum Económico Mundial (WEF, 2020), se lista un grupo de «hallazgos clave» respecto a la evolución del mercado laboral en los próximos años; comentaremos algunos que reafirman el papel protagónico de las tecnologías digitales en la configuración de los trabajos más demandados, en el período que se avecina:

- Se espera que el ritmo de adopción de tecnología no disminuya y pueda acelerarse en algunas áreas. La adopción de la computación en la nube, el *Big Data* y el comercio electrónico, siguen siendo una alta prioridad para los líderes empresariales; también ha habido un aumento significativo en el interés por el cifrado, los robots no humanoides y la Inteligencia Artificial.
- La automatización, junto con la recesión de COVID-19, está creando un escenario de «doble interrupción» para los trabajadores. Además de la interrupción actual y la contracción económica inducidos por la pandemia, la adopción tecnológica por parte de las empresas transformará las tareas, los trabajos y las habilidades para 2025, año en que el tiempo dedicado al trabajo de humanos y máquinas será igual.
- Aunque se reconoce el número de puestos de trabajo «destruidos» será superado por el número de «puestos de trabajo del mañana», la creación de empleo se está desacelerando y la destrucción de empleo acelerándose. Los empleadores esperan que para 2025 las profesiones emergentes crezcan de 7,8 % a 13,5 % (crecimiento de 5,7 %), sobre la base del total de empleados encuestados de la empresa.
- Las brechas de habilidades continúan siendo altas, mientras que las demandas en los trabajos deben cambiar en los próximos 5 años. Las principales habilidades y los grupos de habilidades que los empleadores consideran que serán más importantes en el período previo a 2025, incluyen el pensamiento crítico y el análisis, la resolución de problemas y las habilidades en la autogestión (aprendizaje activo, resiliencia, tolerancia al estrés y flexibilidad, entre otras). Como promedio, las empresas estiman que alrededor de 40 % de los trabajadores requerirán una capacitación de 6 meses o menos; 94 % de los líderes empresariales esperan que los empleados adquieran nuevas habilidades en el trabajo.

- El futuro laboral ha llegado para una gran mayoría de la fuerza laboral de cuello blanco en línea. El 84 % de los empleadores están listos para digitalizar rápidamente los procesos de trabajo, incluida una expansión significativa del trabajo remoto, con el potencial de mover 44 % de su fuerza laboral para operar de forma remota.
- El aprendizaje y la formación en línea van en aumento, pero parece diferente para los que tienen empleo y los desempleados. Se ha cuadruplicado el número de personas que buscan oportunidades de aprendizaje en línea, a través de su propia iniciativa; se ha quintuplicado la oferta de oportunidades de aprendizaje en línea de los empleadores a sus trabajadores y se ha multiplicado por nueve la inscripción de estudiantes que acceden en línea, para aprender a través de programas gubernamentales. Los que tienen empleo están poniendo mayor énfasis en los cursos de desarrollo personal, que han experimentado un crecimiento de 88 %. Aquellos que están desempleados han puesto mayor énfasis en el aprendizaje de habilidades digitales, como análisis de datos, informática y tecnología de la información.
- El sector público debe brindar un mayor apoyo para la reconversión y la mejora de las competencias de los trabajadores en situación de riesgo o desplazados, y abordar con decisión las mejoras de los sistemas de Educación y formación, que se han retrasado mucho tiempo.

Este reporte analiza ampliamente la situación de los millones de personas en el mundo que han perdido el trabajo, a raíz de la recesión económica asociada a la COVID-19. No nos vamos a detener en esto, ya que en Cuba se protege al trabajador de quedar desempleado en estas críticas circunstancias. Vale observar, sin embargo, que la protección al trabajador no puede construirse, permanentemente, sobre la base de una importante afectación a la economía y las finanzas de un país. Hay que preparar a la fuerza de trabajo para salir de la recesión económica, según se vaya resolviendo la situación epidemiológica, lo que en nuestro país sucederá, sin falta, a partir de la estrategia trazada por el Gobierno, con el apoyo del pueblo, la heroica labor del personal de Salud y el destacadísimo papel de la ciencia.

De este reporte se deduce fácilmente el protagonismo que los especialistas TIC van a tener en el mundo pospandemia. Eso no va a ser distinto en Cuba. La TD es clave en la recuperación económica. Como se ha discutido en otras partes de este libro, hoy la TD es condición indispensable del desarrollo de un país y

la pandemia se ha constituido en acelerador de esta condición. Necesitamos y tenemos que cuidar más que nunca a los especialistas en las tecnologías emergentes, habilitadores de este cambio.

En Cuba existe un buen número de carreras universitarias, algunas muy recientes, como se puede ver en el capítulo dedicado a las universidades. Se gradúan cada año miles de ingenieros informáticos o en Ciencias Informáticas y licenciados en Computación, ingenieros en Telecomunicaciones, ingenieros en Automática, diseñadores visuales, comunicadores, licenciados en Ciencias de la Información y otras especialidades que tributan a la transformación digital desde sus ámbitos de acción (medicina, seguridad interior, defensa). De las nuevas carreras que mencionamos se gradúan, se graduarán en breve cientos de ingenieros en Bioinformática, técnicos superiores en Seguridad Informática y Administración de Redes y licenciados en Ciencia de Datos. Un ejército de especialistas con excelente formación para nutrir la demanda. También terminan sus estudios de nivel medio miles de técnicos en Informática y en Telecomunicaciones cada año.

Sin embargo, todos los que en Cuba trabajamos en el mundo de las tecnologías digitales sabemos que estamos cortos de fuerza de trabajo calificada. El problema es que hay una gran volatilidad. Es posible que cada año se reciban nuevos graduados, pero los tiempos de permanencia en los puestos de trabajo, al menos en el empleo estatal, se acortan cada vez más. Sobre esto no conocemos estadísticas oficiales, pero sí oímos todos los días las historias y experiencias de lo que ocurre, ya sea en las empresas del sector, las oficinas de la Administración Pública o las universidades donde se estudian las especialidades. A esto se une una demanda creciente, que debe seguirse incrementando en función de la TD de la sociedad.

¿Qué factores influyen en esta inestabilidad y consiguiente insuficiencia de fuerza de trabajo calificada?

Sin duda, la respuesta es multifactorial, pero empecemos por lo básico: la remuneración en los puestos de trabajo. A pesar de los incrementos salariales asociados a la Tarea Ordenamiento, no se estimula aún suficientemente la permanencia de nuestros especialistas TIC en las entidades estatales, ya sean presupuestadas o empresariales, desde el punto de vista de su salario.

En efecto, un ingeniero o un licenciado en temas de ciencia o tecnología pueden estar cobrando entre 5 mil CUP y 7 mil CUP, según la entidad donde laboran y su calificación científica. Estamos hablando de un ingeniero o un licenciado

en cualquier campo científico o tecnológico, no específicamente del sector TIC, para el que no hay un enfoque particular. Este es el primer elemento desestimulante. En el mundo, el especialista TIC es altamente demandado y sus salarios están entre los más altos. En el sitio [www.trabajarporelmundo.org](http://www.trabajarporelmundo.org), allí se listan, por ejemplo, entre los diez empleos emergentes mejor pagados hoy:

1. Analista de datos
2. Especialista en *machine learning* o Inteligencia Artificial
3. Gerente de operaciones
4. Desarrollador y analista de aplicaciones
5. Profesional del marketing y las ventas
6. Especialista en *Big Data*
7. Especialista en transformación digital
8. Especialista en nuevas tecnologías
9. Especialista en desarrollo organizacional
10. Servicio de tecnología de la información

De estos diez empleos, siete son abiertamente TIC y tres –marketing, gerencia de operaciones y desarrollo organizacional– están tan mediados por las tecnologías que muchos graduados TIC los desempeñan. El profesional TIC tiene trabajo en cualquier parte del mundo, muy bien pagado, incluso en tiempos de pandemia. De hecho, la COVID-19 ha estimulado las variantes virtuales de comunicación, gestión y trabajo a distancia, con lo cual el especialista TIC es aún más demandado.

En Cuba no se diferencian los especialistas TIC del resto de las profesiones; no se remuneran por lo que hacen, por sus conocimientos, que siempre están evolucionando y creciendo, con una dinámica incomparable a la de otros campos del saber. No se paga por el talento, se paga por la escala. Esto no tiene nada que ver con lo que pasa en el resto del mundo. No estamos diciendo que hay que pagar más al informático o al telecomunicador, solo porque lo son. No es tan simple. Hay que pagar más, donde el talento y el conocimiento sean más necesarios; hay que preservar ese talento y ese conocimiento, porque sin ellos, no hay futuro.

Un tema importante en Cuba es la existencia de un número considerable de especialistas TIC, que se encuentran trabajando en el sector no estatal de la economía. De nuevo, no se disponen de cifras oficiales, pero todos conocemos múltiples ejemplos. Este sector se ampara, en el caso de los informáticos, en

la licencia de trabajador por cuenta propia (TCP) denominada «programador de equipos de cómputo». Aunque se da el caso de que algunos logran trabajar para el Estado, aún son muchas las barreras en este sentido, algunas objetivas y otras preñadas de la suspicacia con que todavía se mira, desde muchas entidades estatales, al sector privado. También sabemos de muchos empleados en las entidades estatales —empresas o no—, que tienen otros trabajos, tanto con licencia de trabajador por cuenta propia o «por la izquierda», para complementar, a veces con un papel protagónico, sus ingresos. Este segundo empleo puede ser en Cuba o, incluso, en el extranjero.

Por otra parte, al momento de redactarse este texto, no se había autorizado aún la formación de cooperativas o pymes en el sector de las TIC. En *Cubadebate*, el 2 de junio de 2021 (Puig, 2021), se informó la aprobación en una sesión del Consejo de Ministros, de un grupo de medidas para «[...] el perfeccionamiento de los actores de la economía cubana, que incluye a la empresa estatal socialista; a las cooperativas no agropecuarias; a las micro, pequeñas y medianas empresas (mipymes); y al trabajo por cuenta propia, convocados todos a impulsar, cada uno desde su ámbito, el desarrollo de la nación».

Sobre la intervención del primer ministro Manuel Marrero Cruz en la reunión, se dice más adelante: «Al referirse de manera particular a las micro, pequeñas y medianas empresas, explicó que se constituirán en el sector estatal y en el privado. Noticia muy esperada, sin duda». Pero más adelante se especifica: «Inicialmente no incursionarán en algunas actividades profesionales, incluyendo las que sí pueden realizar trabajadores por cuenta propia como programador de equipos de cómputo, tenedor de libros, traductores e intérpretes, veterinarios para animales afectivos o domésticos, diseñadores y ciertos tipos de consultorías». No hay pymes informáticas, al menos por ahora. Tampoco hay signos de autorización de cooperativas.

Es una decisión muy preocupante. Para que la TD en Cuba sea real, tiene que ser transversal; tiene que estar en todos los sectores productivos y estamentos sociales; tiene que transformar todos los procesos y servicios. Para ello, es imprescindible que se aproveche toda la FTC que existe en el país para la TD. No es correcto pensar que la capacidad con la que contamos en la industria estatal del *software*, sea suficiente para tan grande empeño. No hay duda de que las empresas estatales, las que hay que seguir potenciando, tienen su campo natural de acción en los sectores fundamentales de la vida económica y social del país y en los grandes clientes, como los Organismos de la Administración

Central del Estado (OACE); pero hay una enorme demanda insatisfecha de informatización de procesos y servicios que no está cubierta, tanto en el sector estatal como en el privado. Muchos pequeños clientes –pequeñez relativa, por cierto– no encuentran sus soluciones en la gran empresa estatal, desbordada de urgencias y, como decíamos más arriba, con insuficiencia de FTC.

Un tema crucial lo constituye la emigración de la FTC, del que no tenemos información estadística específica del sector. Sin embargo, podemos suponer que los números reales son significativos, porque cada uno de nosotros lo puede percibir en su entorno. La migración a que hacemos referencia se ha agudizado en estos tiempos de crisis económica y pandemia. En Aja (2020) se describen algunos rasgos de la actual situación migratoria internacional:

- «[...] La tendencia a la migración de profesionales continuará, evidenciando la creciente selectividad de las políticas y regulaciones migratorias de los diferentes países, y los efectos contradictorios para las sociedades emisoras y receptoras [...]».
- «[...] Debe mantenerse el predominio de migrantes jóvenes y la feminización de la migración, en el complejo contexto del proceso de envejecimiento de las poblaciones de los principales países receptores [...]».
- «[...] Las múltiples causas de los movimientos migratorios continuarán reforzándose: económicas, expectativas de mejores condiciones de vida, reunificación familiar, rol de las redes familiares y sociales, así como las ventajas comparativas de la inserción laboral y socioeconómicas, entre las sociedades de destino y origen, agudizadas por los impactos de la COVID-19 a nivel social e individual [...]».

Estos rasgos se repiten en el contexto cubano. Dice Aja *et al.* (2017):

[...] Otro factor es la persistencia de la contradicción existente entre el desarrollo de un alto capital humano –objetivo esencial del socialismo– y la falta de condiciones requeridas para absorberlo a plenitud y satisfacer las necesidades y expectativas de esos sectores profesionales, como consecuencia del nivel de desarrollo existente en el país.

Muchos sienten que les faltan oportunidades para su pleno desarrollo en una sociedad que apuesta, en su modelo socialista, a la plenitud de realización



de todos. En Aja (2020) encontramos que: «[...] continúa el incremento de la migración de jóvenes y profesionales, favorecida por políticas de diferentes países que otorgan becas y opciones preferenciales para personas de estas categorías y, en general, condiciones que propician este tipo de inmigrantes». O sea: se mantiene el robo de cerebros, la pérdida de fuerza de trabajo calificada. En este mismo trabajo se reporta que al cierre del primer trimestre de 2020 se registraban cerca de 2,2 millones de cubanos en el exterior, de ellos, más de 447 mil en situación de emigración temporal y 55 % con más de 6 meses fuera. Este es el caso de muchos profesionales jóvenes de las TIC, que consiguen sin mucha dificultad puestos de trabajo temporales en el extranjero, con salarios muy elevados y otras facilidades que aquí no pueden tener, y emigran, primero temporalmente, pero por largos períodos que luego se convierten en emigración permanente, aun cuando no se les registre acá de esta manera.

En conclusión, debemos repensar, con profundidad y urgencia, cómo liberar toda la fuerza productiva del sector y cómo integrarla en un entramado donde se engranen todos (empresas estatales, emprendimientos no estatales, grandes entidades productivas, pymes, pequeñas cooperativas e incluso productores individuales), en todas las escalas y condiciones, de manera que podamos responder a las necesidades que la TD impone.

Vale aclarar que no solo la TD necesita de estas fuerzas productivas. La actividad TIC pudiera y debiera convertirse en fuente de productos y servicios exportables. A nuestro juicio, esto se logrará cuando podamos mostrar una Cuba donde la TD ha penetrado nuestro quehacer, y seamos vidriera de una sociedad con todos y para el bien de todos, altamente informatizada.

Hay otro tema relacionado con la FTC que no podemos obviar: la necesaria recalificación constante de sus especialistas, aspecto crucial por la dinámica de avances científicos y tecnológicos que caracteriza al mundo digital. En nuestro país se han hecho esfuerzos en ese sentido. Hay entidades productoras de *software* con grupos de I+D+i y oficinas de capacitación, donde se dictan múltiples cursos, no solo para el personal de la empresa. Sin embargo, sigue existiendo descalificación del personal de desarrollo o, en el mejor de los casos, una súper-especialización en las herramientas y plataformas que se usan habitualmente en su entorno de trabajo, de las que se hacen, sin duda, expertos. En la informática hay que estar «arriba de la bola», estudiar constantemente, estar al tanto de las últimas innovaciones o descubrimientos, y evaluar y asimilar todo lo que pueda ser útil.

En las entidades productivas se precisa de líderes de innovación, que guíen la constante búsqueda de lo mejor y más actualizado. En el sector que abarca el Mincom y su sistema empresarial, hay pocos doctores en ciencias y un insuficiente número de másteres. En la presentación que realizó este organismo a la dirección del país, sobre el Sistema de Gestión de la Ciencia en el Sistema Estratégico de Comunicaciones, el 17 de mayo de 2021, la viceministra Grisel Reyes informaba sobre la existencia en este entorno de 25 doctores en ciencias y 3 090 másteres, de los cuales solo 331 estaban vinculados a la actividad de I+D+i (Reyes, 2021). Este es un aspecto que se ha venido señalando desde la más alta dirección del país, como una crítica a prácticamente todos los sectores productivos. Es que la ciencia y la innovación son vitales para el desarrollo y, en un sector como las TIC, una industria totalmente del conocimiento, donde el recurso más importante es el humano, bien preparado, actualizado, informado, esto es imprescindible.

Una medida estratégica, en este sentido, es la alianza con las universidades. En primer lugar, como espacios naturales donde buscar la solución para la actualización de la FTC, incluso para la formación de doctores y másteres. Hay que decir que el Mincom ha venido trabajando en una estrategia para la formación doctoral en su seno, con el apoyo de las universidades. Pero los centros de Educación Superior deben desempeñar y de hecho ya lo hacen, otro papel: ser los «tanques pensantes» del sector. Afortunadamente, tenemos carreras de TIC en todas las provincias; hay tradición de proyectos científicos que tienen lugar en estos centros y que responden a demandas del sector productivo.

Existe todo un conjunto de programas de ciencia, tecnología e investigación, tanto a escala nacional como sectorial y territorial, que persiguen priorizar las necesidades más urgentes de la transformación digital del país, a través de encadenamientos con la industria. Hay, incluso, emprendimientos muy organizados, como el Centro de Estudios de Telecomunicaciones e Informática –esfuerzo conjunto Cujae-Etecsa– o los laboratorios de desarrollo de Xetid en las universidades de Villa Clara y Matanzas; o el Centro de Estudios de Gobierno Digital, impulsado por el Mincom en la Facultad de Comunicaciones de la UH. La academia debe ponerse cada vez más en función de resolver los problemas científicos asociados a la práctica social de las TIC en Cuba, y engranar sus investigaciones y resultados con el sector productivo. Los especialistas de empresas, Pymes y cooperativas, deben participar en estos proyectos, desde su concepción hasta la implantación final de las soluciones, e

inscribir sus investigaciones conducentes a doctorados y maestrías. Una estrategia de ganar-ganar.

No olvidemos que para esto hay que lograr la motivación de los participantes. Investigar, innovar, estudiar es difícil, más si se trabaja en compromisos productivos o en tareas organizativas o directivas al mismo tiempo. Hay que crear las adecuadas condiciones a los participantes, darles tiempo y lograr que todo este esfuerzo tenga una adecuada compensación salarial y de condiciones de vida.

## **La calificación de toda la fuerza laboral para participar en la transformación digital**

La recalificación de la fuerza laboral en la pospandemia se considera de vital importancia; esta recalificación está signada por el empleo creciente de las TIC en las cadenas productivas, los servicios y trámites, y los procesos de la vida laboral y social de un país. No es, por tanto, una tarea solo de la FTC del sector TIC. De hecho, estamos hablando de convertirnos todos, hasta cierto punto, en expertos TIC. Al menos, expertos en el uso de las TIC en nuestros puestos de trabajo, que van a estar digitalizados en un alto porcentaje.

En el libro hay un texto dedicado a las capacidades necesarias para enfrentar la TD, por lo que no vamos a extendernos en este aspecto. Solo recalcar que la recalificación de la fuerza laboral en Cuba es una tarea grande y urgente. Debido al relativo atraso y obsolescencia de nuestra infraestructura tecnológica, la penetración de las TIC en el entorno productivo y social del país ha sido lenta, y en algunas zonas de la práctica social, ausente. Por ejemplo, la automatización de la industria, característica de la llamada Tercera Revolución Industrial, ha alcanzado pocos sectores y con bajo impacto, lo que se traduce en un «analfabetismo tecnológico» bastante generalizado. Y no se comprende del todo la importancia e impacto de un cambio como la TD.

Esta situación es particularmente grave en los cuadros de dirección a todos los niveles. Sobre ello hemos comentado en trabajos anteriores (Ruiz *et al.*, 2018) (Ruiz y Barrera, 2019). Allí expusimos resultados de encuestas realizadas por profesores de la Cujae y la Universidad de La Habana, en la Escuela Superior de Cuadros del Estado y el Gobierno, en los cursos de diplomado y especialidad de Administración Pública y Gestión Empresarial, donde quedaba patente la insuficiente preparación de la mayoría de los encuestados con

respecto a las TIC y, lo que es aún peor, su incompreensión sobre la capacidad transformadora y modernizadora de las tecnologías digitales, en los procesos y negocios que ellos dirigen, y su impacto en la economía y la población. Concluíamos: «[...] la capacidad de los cuadros para dirigir el proceso [...] es, al día de hoy, una de las principales barreras para el desarrollo de la transformación digital de la economía y la sociedad. Urge tomar cartas en el asunto. El jefe que no entienda hoy lo estratégico del tema, no debe ser jefe».

De manera que deben desarrollarse estrategias específicas de preparación de la fuerza laboral, para que pueda ser parte activa y facilitadora de la TD, más que obstáculo. Esto incluye, por supuesto, ajustes en los planes de estudios de nivel medio y, especialmente, los de nivel superior, en todas las especialidades. En las ciencias naturales y exactas y en las ingenierías, es bastante obvio; pero en las carreras económicas no podemos formar los futuros contables, gerentes y financistas, sin entender cómo han cambiado, a partir de las tecnologías digitales, la economía, las finanzas, los bancos, la contabilidad, las auditorías, la planificación; en las ciencias sociales y humanidades sucede otro tanto: piénsese en los estudios poblacionales, el periodismo digital, las búsquedas de información; ahora se habla de «humanidades digitales». Y en las ciencias de la Salud, ¿qué medicina puede hacerse ahora sin la imagenología digital? ¿Cómo gestionar un hospital o la Salud Pública de un país sin las adecuadas plataformas informáticas? No tiene sentido seguir ejemplificando. El académico, el científico, el profesional del siglo XXI, tiene que estar educado para moverse cómodamente en el mundo digital, sacar el máximo de las posibilidades que le brinda y usarlo creativamente.

Un papel importante en Cuba lo deben tener los centros de formación ramales, con cursos de recalificación, y las universidades, con cursos y especialidades de posgrado en estos temas. Particularmente, como ya apuntábamos, la preparación de los cuadros de dirección es vital, y tiene que pensarse y diseñarse con urgencia, para que puedan liderar el cambio digital. El sistema nacional de escuelas de cuadros del Estado, el Gobierno y el Partido, tienen un papel importante en este sentido.

Pueden y deben desempeñar un papel, también, las organizaciones profesionales de la sociedad civil: asociaciones de ingenieros, científicos de diferentes especialidades, juristas, economistas y contadores, historiadores, lingüistas, médicos..., conocen bien las particularidades de sus profesiones y cooperar con sus redes y sistemas de capacitación en la preparación de sus miembros hacia la TD de sus campos.

Por último —y también siguiendo el reporte (WEF, 2020)—, subrayemos la importancia del uso de las plataformas digitales de formación, que tanta utilidad han demostrado tener en los tiempos de la COVID-19. Estos contenidos de recalificación en las tecnologías emergentes se adecuan perfectamente al formato digital asíncrono, permitiendo la preparación simultánea de miles de trabajadores, incluso desde sus casas, sin afectar su tiempo de trabajo en los puestos actuales, por supuesto, a partir de un esfuerzo personal importante. Para los de edad más avanzada será más difícil: a ellos hay que darles un pensamiento especial, y debemos hacerlo no solo porque es su derecho, sino porque son portadores del conocimiento previo y los valores de las organizaciones donde trabajan. Aun cuando las condiciones de conectividad de Cuba no sean todo lo ubicuas que se necesita para la TD, ya no es un sueño poder conectarnos y aprovechar las posibilidades de formación que pueden montarse sobre las redes. Esto hay que aprovecharlo. Es posiblemente la única vía con la masividad necesaria para este cambio.

## **La preparación de los «ciudadanos digitales»**

Siguiendo la misma línea de razonamiento, la transformación digital no se lleva a cabo solo con los especialistas TIC, ni contando con una fuerza laboral y unos cuadros debidamente calificados en todos los sectores. Nos falta un componente decisivo, foco y objetivo de toda esta transformación: el ciudadano digital.

¿De qué estamos hablando? ¿Qué es la ciudadanía digital? Este concepto tiene muchas aristas: desde la sociología o la teoría sociopolítica (por ejemplo, Robles, 2009), hasta interpretaciones que se refieren más a su perfil tecnológico. Teniendo en cuenta los objetivos de este libro, nos ceñiremos a esa última mirada.

Una definición que se ajusta bastante a nuestros propósitos, la ofrece el *blog* <http://www.ciudadaniadigital.cl/>, donde la ciudadanía digital se define como:

El conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes fundamentales para que niños, jóvenes y adultos se desenvuelvan en una sociedad democrática a través del uso de las Tecnologías de Información y Comunicación, de manera responsable, informada, segura, ética, libre y participativa, ejerciendo y reconociendo sus derechos digitales y comprendiendo el impacto de éstas en su vida personal y su entorno. La noción de ciudadanía

digital implica una mirada integradora que abarque tanto la seguridad y riesgos asociados al mal uso o exposición a peligros del entorno virtual, como las oportunidades y potencialidades que ofrecen las TIC (tecnologías de la información y comunicación) para la formación de competencias ciudadanas que fortalezcan la democracia.

Estamos hablando, entonces, de ser un ciudadano en la era digital, con plenos derechos y los deberes que ello implica; de que toda la TD debe centrarse en que el ciudadano sea, a partir de esta, más pleno, próspero y feliz; de que participe activamente en la construcción y el desarrollo de la sociedad donde vive y quiere vivir; de que aproveche todas las oportunidades y que colabore en su creación; de que estudie, investigue, innove y desempeñe un papel en el cambio. Para todo eso tiene que prepararse, porque el cambio es profundo; es un cambio de cómo se hace y se piensa todo, con la guía del paradigma digital. Es un cambio cultural.

Hay varios momentos en esta necesaria preparación. El primero es el académico, la escuela. En Cuba, tenemos formación en computación desde la enseñanza primaria; sin embargo, son planes de estudio, a nuestro juicio, envejecidos, que no responden a la realidad actual –en la que niños y jóvenes, verdaderos nativos digitales, están mucho más familiarizados con las computadoras y otros dispositivos digitales, que sus propios maestros desde edades cada vez más tempranas–, ni a la educación del nuevo «ciudadano digital», en tanto a la comprensión total de lo que esto significa. No se les enseña a programar en ningún nivel, ni en el preuniversitario; no se enseña la lógica del pensamiento algorítmico, tan imprescindible en el mundo digital; y, el colmo de los colmos en Cuba independiente y soberana, se enseña sobre Windows. No hay nada de *software* libre en los programas de estudio.<sup>23</sup>

Es necesario hacer una profunda reflexión en este sentido. Sabemos que nuestro sistema de Educación es capaz de hacerla. ¿Qué esperamos de la preparación de nuestros niños y jóvenes para que puedan ser buenos ciudadanos digitales? Debemos trabajar en la creación de competencias desde las edades

---

<sup>23</sup> Esta información se extrajo del portal CUBAEDUCA (<https://www.cubaeduca.cu/>), que tanta importancia ha tenido para la Educación de nuestros niños y jóvenes, especialmente en tiempos de pandemia.

más tempranas, incentivando la creatividad. En Cibernación, evento de la UIC celebrado en Varadero (octubre de 2017), discutimos esta necesidad en una interesantísima sesión sobre TIC y capital humano, y encontramos mucha receptividad en los colegas presentes del Ministerio de Educación (MINED). Se habló incluso de introducir la programación con Scratch desde la primaria. Sin embargo, 4 años después no se observa ningún cambio en los planes de estudio. Está claro que no es un ajuste simple; significa, de nuevo, un cambio cultural.

Por otra parte, además de enseñar a programar hay que educar en el conocimiento de qué significa una sociedad altamente digitalizada, cuáles son sus ventajas y también sus peligros. Hay que enseñar deberes, derechos y ética del ciudadano digital, oportunidades que ofrece la ciudadanía digital. Eso no se parece nada a lo que enseñamos ahora y no debemos dilatar este cambio si queremos una TD profunda, portada por ciudadanos digitales plenos. Hay que revisar ya y ajustar los planes de estudio. Algo importantísimo, preparar a los profesores, enamorarlos y comprometerlos con el cambio.

Otro momento se refirió a la formación del ciudadano más allá del sistema escolar. No estamos hablando de la preparación profesional en universidades y puestos de trabajo, que ya discutíamos. Estamos hablando de un ciudadano de a pie, probablemente de la segunda o tercera edad, no nativo digital, con un conocimiento empírico de las tecnologías digitales y, a lo mejor, sin vínculo laboral. Pero la TD alcanza a todos, así que ellos también tienen que prepararse. Esa es, quizás, la preparación más difícil de ejecutar, por irregular. Tienen que desempeñar su papel los espacios y mecanismos de capacitación existentes: Joven Club de Computación y Electrónica, cursos de Universidad para Todos en la TV, Universidad del Adulto Mayor. De nuevo hay que aprovechar las plataformas educativas virtuales, para los que sean capaces de utilizarlas, algo que puede ser objeto de un curso televisivo.

Esta es también una tarea que puede y debe apelar a soluciones locales. No hay duda de que en cada municipio y localidad existen entidades de mucha importancia, como la biblioteca municipal, la sede universitaria, las escuelas a todos los niveles, las organizaciones locales de la sociedad civil (por ejemplo, delegaciones de la Unión de Informáticos de Cuba y otras asociaciones profesionales), que pueden ayudar al Gobierno en la provisión de cursos y asesorías para preparar a la población y las entidades del territorio para la TD.

Hay un enorme potencial de conocimientos e innovación en cada localidad y las TIC no son ajenas. Esto hay que organizarlo. Las asociaciones nacionales

pueden preparar cursos *online* centralmente, y en cada localidad pueden ser coordinados y mediados por las delegaciones locales.

Resumiendo, hay una gran necesidad de superación en TIC. Urge enfrentarla y resolverla. Pero también hay potencialidades y reservas. Podemos hacerlo. Esto lleva una gran campaña de comunicación, que informe a los ciudadanos de los cambios que se implementan, y los convoquen y enamoren a participar en el diseño y la construcción de la mejor sociedad digital donde todos queremos vivir.

### Referencias bibliográficas

- Aja, A., Rodríguez, M. O., Orosa, R., Albizu-Campos, J. C.: “La migración internacional de cubanos. Escenarios actuales”. En *Revista Novedades de Población*, vol.13, no. 26, La Habana, jul.-dic, 2017.
- Aja, A.: “La migración internacional, la COVID-19 y la migración en Cuba”. En *Revista Novedades de Población*, vol. 16, no. 31, pp. 156-17, La Habana, agosto, 2020.
- Puig Meneses, Y.: “Aprueba Consejo de Ministros perfeccionamiento de actores de la economía cubana”. En *Cubadebate*, La Habana, Junio 2, 2021. Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/noticias/2021/06/02/aprueba-consejo-de-ministros-perfeccionamiento-de-actores-de-la-economia-cubana/>
- Reyes León, G.: *Sistema de Gestión de la Ciencia en el Sistema Estratégico de Comunicaciones*. Presentación en reunión de chequeo del sistema de la Ciencia en el sector de las Comunicaciones en el Consejo de Estado, La Habana, 17 de mayo, 2021.
- Robles, J. M.: *Ciudadanía Digital. Una introducción a un nuevo concepto de ciudadano*. Editorial UOC, Barcelona, 2009.
- Ruiz, A., Ortega, Y., Hernández, A., del Prado, N., Vidal, J.: “Capital humano y capacitación”. *Cibersociedad: soñando y actuando*, T. Delgado y A. Febles (Eds.), Ediciones Futuro, pp. 205-222, La Habana, 2018.
- Ruiz, A, Barrera, J.: “Los caminos no se hicieron solos: hacia la transformación digital de la sociedad cubana”. Ponencia en Cibersociedad 2019, Varadero, Cuba, octubre, 2019.
- World Economic Forum (WEF): *The Future of Jobs Report 2020*, octubre, 2020. Disponible en: <https://es.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>



# Ciberseguridad: en el centro de la transformación digital

HENRY RAÚL GONZÁLEZ BRITO

La ciberseguridad es fundamental para garantizar la sostenibilidad y confianza de los procesos de transformación digital en las sociedades modernas (Eckert & Waidner, 2019). El constante desarrollo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ha incrementado la eficiencia y el valor de las actividades y los procesos informatizados, lo que se ha traducido en elevar la calidad de vida de la población, pero también ha representado la expansión de la superficie de ataque expuesta a la acción de adversarios en el ciberespacio (Möller, 2020).

Las amplias oportunidades que brinda la transformación digital para la innovación digital y productiva, hacen posible el surgimiento acelerado de nuevas tecnologías que interconectan las redes de datos, servicios telemáticos y sistemas computacionales, en dimensiones cada vez más complejas y difíciles de comprender (França, Monteiro, Arthur & Iano, 2021). Se produce un solapamiento del ciberespacio con el mundo físico a través de la Internet de las Cosas, la conducción autónoma, los drones, las infraestructuras críticas, la eSalud y otros sistemas ciberfísicos que están en permanente evolución. Esto incrementa la velocidad e impacto que puede tener la materialización de una ciberamenaza en el mundo real (Drossel, Ihlenfeldt, Langer & Dumitrescu, 2019; Martti, 2020; Willing, Dresen, Haverkamp & Schinzel, 2020).

La dimensión de los daños que pueden provocar los ciberataques y otros problemas de seguridad en las TIC, tiene ejemplos concretos en 2019, cuando se produjo el ciberataque contra el sistema eléctrico de la República Bolivariana de Venezuela, que ocasionó la paralización temporal de diversas actividades

económicas y considerables daños materiales y financieros (F. Li, Yan, Xie, Sang & Yuan, 2019; Telesur, 2019). Otro ejemplo reciente ha sido el control, por parte de ciberatacantes, de una planta de tratamiento de agua de la Florida, buscando envenenar a la población mediante el aumento de la concentración de sosa cáustica en el líquido (Frances & Nicole, 2021). También es representativo el ataque mediante *ransomware*<sup>24</sup> a la mayor red de oleoductos de EE. UU. en 2021, que afectó 45 % del suministro de energía en la costa este del país.

No es de extrañar entonces que los reportes de ciberseguridad reflejen que las principales problemáticas en este campo están lejos de ser resueltas. Por ejemplo, en su reporte anual de 2020, la Agencia Europea de Seguridad de las Redes y de la Información planteaba:

Con todos los cambios observados en el panorama de las amenazas cibernéticas y los desafíos creados por la pandemia de COVID-19, todavía queda un largo camino antes de que el ciberespacio se convierta en un entorno confiable y seguro para todos” y enuncia que la motivación detrás de la mayoría de los ciberataques sigue siendo financiera (ENISA, 2020).

Informes como los de Palo Alto Network muestran que los adversarios están en permanente búsqueda de vulnerabilidades expuestas en Internet (Palo Alto Networks, 2021). Luego de monitorear 50 millones de direcciones IP de 50 compañías globales, a principios de año, pudieron constatar que los adversarios tardan menos de 15 minutos en iniciar el escaneo de vulnerabilidades a partir de su publicación, mientras las empresas utilizan una media de 12 horas en detectar nuevas vulnerabilidades, cuestión que evidentemente las coloca en total desventaja.

La presencia de vulnerabilidades es un factor importante que se debe tener en cuenta. Estudios publicados (Rue & Virok, 2021) muestran que los métodos empleados en el desarrollo de *software* son insuficientes para detectar los errores de código. El 62 % de los casi mil desarrolladores encuestados, dijo que se habían enterado de los errores por los reportes de los usuarios y 25 % a través

---

<sup>24</sup> El *ransomware* es una forma de malware diseñado para cifrar archivos en un dispositivo, inutilizando los archivos y los sistemas que dependen de ellos.

de las redes sociales. Además, 38 % afirmó dedicar hasta 25 % del tiempo a corregir errores, mientras que 26 % dedicaba la mitad de su labor a ello. No es de extrañar, por tanto, que en una encuesta realizada, 66 % de más de 1 400 directores de seguridad de la información de 14 países, planteara que su organización no tiene la preparación necesaria para enfrentar un ciberataque y 58 % considera que el error humano es su mayor vulnerabilidad (Proofpoint, 2021). Las estadísticas son una herramienta importante de trabajo, pero no abarcan los elementos necesarios para comprender las características contemporáneas que definen a la ciberseguridad.

### **Ciberseguridad: breve conceptualización**

La Organización Internacional de Normalización (ISO) y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) plantean, en la norma ISO/IEC 27000, que la Seguridad de la Información es «[...] la preservación de la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información. Adicionalmente, otras propiedades como autenticidad, registro, no repudio y confiabilidad, también pueden estar involucradas» (ISO, 2018). Este concepto abarca todos los activos de información, independientemente del medio o formato que lo sustenta.

La Seguridad Informática o Seguridad de las TIC consiste en la aplicación del concepto anterior a los sistemas de cómputo y redes de datos y otros elementos relacionados, como se muestra en la figura 22, definiéndose como

[...] el conjunto de medidas administrativas, organizativas, físicas, legales y educativas dirigidas a prevenir, detectar y responder a las acciones que puedan poner en riesgo la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información que se procesa, intercambia, reproduce o conserva por medio de las TIC (Bermúdez, 2019).

La ciberseguridad en un concepto más amplio: se refiere a la protección de las personas que usan el ciberespacio y cualquier activo que pertenece a la sociedad en general, que pueden estar expuestos a los riesgos derivados del uso de las TIC. Es «[...] el estado que se alcanza, mediante la aplicación de un sistema de medidas (organizativas, normativas, técnicas, educativas, políticas y diplomáticas), destinado a garantizar la protección y el uso legal del ciberespacio [...]» (Bermúdez, 2019). En la literatura científico-técnica se utilizan indistintamente

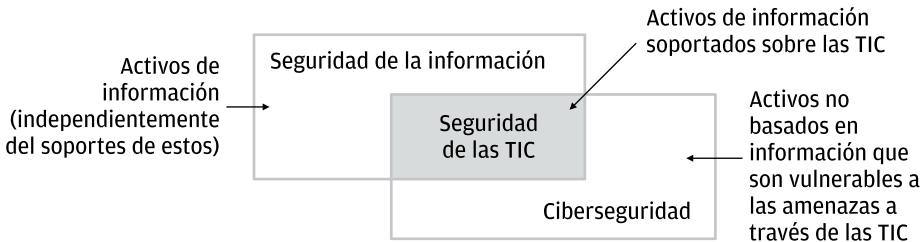


FIG. 22 RELACIÓN ENTRE LOS CONCEPTOS SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN, SEGURIDAD DE LAS TIC Y CIBERSEGURIDAD (FUENTE: ELABORADO A PARTIR DE VON SOLMS & VAN NIEKERK, 2013).

estos términos; sin embargo, en los procesos de transformación digital es más adecuado referirse a ciberseguridad por el impacto que tiene sobre la sociedad.

Las propiedades de la información que deben protegerse son:

- **Confidencialidad:** propiedad que posee la información de no ponerse a disposición o ser revelada a individuos, entidades o procesos no autorizados. Para lograrlo se aplican técnicas como el cifrado de la información y las comunicaciones, y el uso de técnicas de control de acceso a los sistemas informáticos. Ejemplo de fallos en la confidencialidad puede ser el acceso no autorizado a los datos, o al conjunto posible o aproximado de estos, la exposición de datos internos de la entidad por una mala configuración de un servidor FTP o web; también la pérdida o robo de dispositivos móviles que contienen información sensible sin cifrar.
- **Integridad:** propiedad de la información relativa a su exactitud y completitud. Esto significa que la información solo puede ser modificada, incluyendo su creación y borrado, por el personal, las entidades y los procesos autorizados. Para garantizar esta propiedad se aplican técnicas semejantes a las utilizadas en la confidencialidad. Ejemplos de fallos de la integridad son la suplantación de las acciones de un usuario a través del robo de sus credenciales de acceso, la afectación de la exactitud de los datos por una incorrecta aplicación de redondeo durante la implementación de un algoritmo, la manipulación directa de información contable en bases de datos por usuarios con permisos de administración o los ataques por *malware*.
- **Disponibilidad:** propiedad de la información de estar accesible y utilizable cuando lo requiera una entidad autorizada. Significa por tanto que los

sistemas computacionales se mantienen funcionando y son capaces de recuperarse rápidamente en caso de fallas. Los problemas de disponibilidad aparecen cuando son insuficientes las capacidades o configuraciones para atender las peticiones recibidas por una aplicación web, cuando se desbordan las capacidades de almacenamiento de datos, cuando la protección y respaldo eléctrico no son capaces de asegurar un correcto suministro de energía, debido a la infección por *malware* de los sistemas o por la ejecución de procesos que sobrecargan los volúmenes de procesamiento de la CPU.

Las amenazas son aquellas situaciones o acontecimientos que pueden causar daños a los bienes informáticos, sea su causante una persona, un programa maligno o un suceso natural o de otra índole, que representan los posibles atacantes o factores que inciden negativamente sobre las debilidades del sistema (Bermúdez, 2019). Estas debilidades, que consisten en puntos o aspectos fallibles o atacables en el sistema informático, se denominan vulnerabilidades y califican el nivel de riesgo de un sistema. El riesgo es la probabilidad de que una amenaza se materialice sobre una vulnerabilidad del sistema informático y cause un impacto negativo en la organización. Para modificar el riesgo se aplican controles de seguridad (Bermúdez, 2019; ISO, 2018).

Los activos de información (o bienes informáticos) que pueden ser afectados por las amenazas, representan cualquier recurso de la organización que es necesario para desempeñar las actividades diarias y cuya no disponibilidad o deterioro supone un agravio o coste. Estos pueden ser computadoras y servidores, aplicaciones (*software*), datos, equipamiento de red y conectividad, dispositivos móviles, sensores y sistemas automatizados, virtualización y servicios en la nube, firmas digitales y llaves criptográficas, perfiles institucionales en redes sociales y otros. La relación existente entre estos conceptos se representa en la figura 23.

Las principales amenazas de seguridad informática (NIST, 2019; Stallings & Brown, 2018) son:

- Escaneo: los adversarios envían paquetes o solicitudes a otro sistema para obtener información que utilizarán en un ataque futuro.
- *Sniffing* (hustmear): técnica pasiva que monitorea la comunicación de red, decodifica protocolos y examina encabezados y *payloads* (cargas útiles) para obtener información de interés.

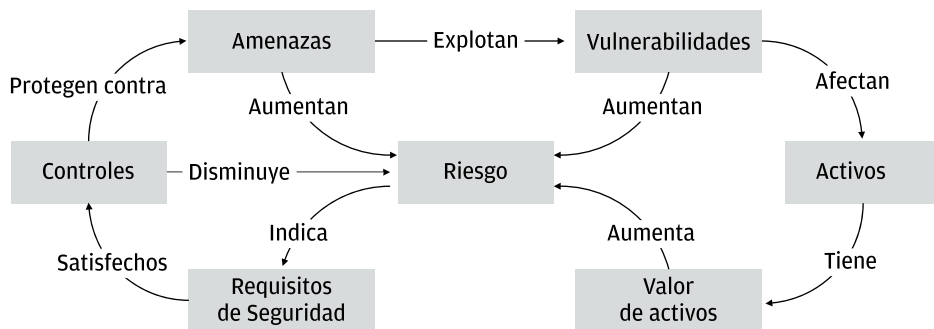


FIG. 23 RELACIÓN DE LOS CONCEPTOS DE SEGURIDAD (FUENTE: ELABORACIÓN DE LOS AUTORES).

- *Spoofing* (suplantación de identidad): los adversarios tratan de suplantar la dirección de envío de una transmisión para obtener una entrada ilegal en un sistema seguro. Por ejemplo: *IP Spoofing*, *DNS Spoofing*, *ARP Spoofing*, entre otros.
- Denegación de servicios (DoS): ataque que impide o limita el uso autorizado de los recursos o servicios del sistema de información.
- *Spam*: abuso de los sistemas de mensajería electrónica para enviar indiscriminadamente mensajes masivos no solicitados.
- *Phishing*: técnica para tratar de adquirir datos confidenciales, como números de cuenta bancaria, a través de una solicitud fraudulenta enviada por correo electrónico o mediante un formulario en un sitio web, en la que el adversario se hace pasar por una persona legítima, perteneciente a una organización o de buena reputación.
- Ingeniería social: intento de engañar a las personas para que revelen información (por ejemplo, una contraseña) o desarrollen ciertas acciones que puedan usarse para atacar sistemas o redes.
- Ataques de Fuerza Bruta: los adversarios tratan de acceder a un dispositivo bloqueado, mediante el intento de probar múltiples combinaciones de contraseñas alfanuméricas.
- *Malware* o programas malignos: programa que se inserta en un sistema, generalmente de forma encubierta, con la intención de comprometer la confidencialidad, integridad o disponibilidad de los datos, las aplicaciones o el sistema operativo de la víctima, o de molestar o perturbar a la víctima.

Para contrarrestar estas amenazas, la ciberseguridad consta de principios ampliamente reconocidos:

- **Mínimo privilegio:** se deben otorgar los permisos estrictamente necesarios para efectuar las acciones que se requieran, ni más ni menos de lo solicitado.
- **Proporcionalidad:** las medidas de seguridad deben estar en correspondencia con lo que se protege y el nivel de riesgo existente. No sería lógico proteger con múltiples recursos un activo de información que no posee valor o que la probabilidad de ocurrencia de un ataque sobre él es muy baja.
- **Eslabón más débil:** la seguridad de un sistema es tan fuerte como su eslabón más débil.
- **Dinamismo:** la gestión de la ciberseguridad no es un producto, sino un proceso. No se termina con la implementación de los controles; se requiere de monitoreo y revisión permanente.
- **Participación universal:** la gestión de la ciberseguridad necesita de la participación de todo el personal de una organización. La seguridad que puede ser alcanzada mediante medios técnicos es limitada, y debiera ser apoyada por una gestión y procedimientos adecuados, que involucren a todos los individuos.

## **Factores contemporáneos y ciberseguridad**

Las estadísticas internacionales publicadas cada año, reflejan un crecimiento de incidentes de ciberseguridad, tanto en número como en complejidad. Las condiciones más frecuentes que provocan esta situación son:

- Históricamente, el desarrollo de *software* se ha enfocado en interpretar y satisfacer las necesidades de los clientes mediante sistemas informáticos, mientras que la seguridad de esos sistemas ha quedado en un plano secundario como un requisito no funcional.
- La mayoría de los protocolos de Internet no fueron diseñados para ser seguros, ni se tuvo en cuenta el amplio uso que iban a tener posteriormente. Por ejemplo, Telnet, FTP y HTTP.
- La complejidad e interdependencia de componentes de diversos proveedores en las aplicaciones informáticas, aumenta el número de vulnerabilidades de *software*.

- En el mercado de venta de vulnerabilidades de *software* o programas de *Bug Bounty*, promovidos por empresas, servicios de seguridad y crimen organizado, se invierten cientos de millones de dólares anuales, lo que motiva la detección de estas.
- Cada día se conectan más dispositivos y sensores, conformando la denominada Internet de las Cosas o IoT. Estos contienen *software* extremadamente vulnerable en muchos casos, de cuyas vulnerabilidades se aprovechan los adversarios para conformar *botnets* de cientos de miles o millones de equipos que lanzan ataques coordinados continuamente en Internet.
- El amplio uso de Internet para el desarrollo de la sociedad ha significado el movimiento de las operaciones del crimen organizado a este espacio, convirtiendo en blanco de ataques las transferencias bancarias, las actividades de comercio electrónico y los propios usuarios con vistas a la extorsión a través de datos y mensajes publicados en redes sociales (por solo mencionar algunos ejemplos) o simplemente se aprovechan de infraestructuras basadas en la *Dark Web*<sup>25</sup> para negociar productos y servicios ilegales.
- Los sistemas y mecanismos de seguridad requieren una configuración y gestión continua para responder a las amenazas cambiantes del entorno. A pesar de los amplios avances de la Inteligencia Artificial, esta no ha podido igualar la creatividad e inteligencia del ser humano para detectar nuevos patrones de comportamiento anómalos, si no están dentro de sus bases de datos de firmas.
- Unido a los factores anteriores se encuentran las estrategias de militarización del ciberespacio, de la mano de grandes potencias que compiten por el control de las infraestructuras críticas y otros sistemas vitales de los actuales y futuros enemigos, así como el espionaje permanente de las comunicaciones que se generan en el planeta.

Por tanto, el entorno actual se caracteriza por presentar diversas amenazas y desafíos, que no son posibles de solucionar a corto plazo, lo que obliga el establecimiento de procesos de gestión de la ciberseguridad que garanticen la vitalidad de los procesos de transformación digital con niveles de seguridad

---

<sup>25</sup> La web oscura se refiere al contenido que no está indexado por los motores de búsqueda y que requiere un *software* especial o autorización para acceder.



razonable, sin impedir la interrelación y las operaciones de todos los actores de la sociedad con estas tecnologías. Para profundizar en estas cuestiones, se abordará la seguridad desde el punto de vista de las tecnologías emergentes en las próximas secciones.

## Computación en la Nube

La computación en la Nube o *Cloud Computing* es un modelo que permite el acceso ubicuo, conveniente y bajo demanda, a un conjunto compartido de recursos informáticos configurables (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios), que pueden aprovisionarse y liberarse rápidamente, con un mínimo esfuerzo de administración o interacción del proveedor de servicios (Mell & Grance, 2011). Existen tres categorías para servicios en la nube:

1. *Software* como servicio (SaaS): aplicaciones que se ejecutan en los servidores y son accedidos remotamente, por ejemplo, a través de navegadores web.
2. Plataforma como servicio (PaaS): plataforma para el desarrollo y despliegue de *software*.
3. Infraestructura como servicio (IaaS): se brinda acceso directo a servidores y almacenamiento en la nube a través de un Panel o API.

La Computación en la Nube brinda ventajas innegables, como escalabilidad, flexibilidad, ahorro de costos y fácil acceso a la información para la transformación digital, pero también tiene asociados una serie de problemas de seguridad. Al estar los sistemas y datos en manos de terceros, existen amenazas y riesgos específicos (Alouffi *et al.*, 2021; Balani & Varol, 2020; Cloud Security Alliance, 2020b), como:

- Robo de los datos, en tránsito o durante el procesamiento y almacenamiento (Barona & Anita, 2017).
- Manipulación de los servicios en la nube por los adversarios (Ahmad & Bakht, 2019).
- Uso compartido de los recursos de *hardware* y *software* (Alsmadi & Prybutok, 2018).
- Secuestro de credenciales de usuarios (Tabrizchi & Kuchaki Rafsanjani, 2020).

- Uso incorrecto y mala configuración de los servicios en la nube por las organizaciones (Cain, Raymond & Ransbottom, 2020).
- Insuficiente aplicación de soluciones de detección de intrusiones y sistemas *antimalware* (Shamshirband *et al.*, 2020).

A pesar de amenazas y riesgos, la Computación en la Nube puede utilizarse de manera segura si se aplican prácticas reconocidas de seguridad (Cloud Security Alliance, 2020a; Prechtl, Lichtenthäler & Wirtz, 2020). Por ejemplo:

- Determinar la información que se desea compartir y la que está por compartir.
- Elegir contraseñas robustas.
- Cifrar datos en la nube.
- Usar adecuadamente los servicios de Computación en la Nube.
- Aplicar prácticas de seguridad al momento de configurar las aplicaciones.
- Registrar de manera exhaustiva el entorno, para detectar actividades o cambios no solicitados, ya sea en procesos, tareas o documentos.
- Aplicar lo pactado con los proveedores de servicios, parches y corrección de vulnerabilidades.
- Establecer de forma regular un análisis de vulnerabilidades y pruebas de penetración.
- Aplicar guías de referencia en seguridad, en la Computación en la Nube, como las emitidas por la Cloud Security Alliance.

## Internet de las Cosas

La Internet de las Cosas o IoT (por sus siglas en inglés: *Internet of Things*) es la infraestructura compuesta por objetos, personas, sistemas y recursos de información interconectados con servicios inteligentes, para permitirles procesar información del mundo físico y virtual, y reaccionar al respecto (ISO/IEC 30141:2018, 2018). Por tanto, se trata de un proceso mediante el cual los objetos físicos cotidianos se conectan a la Internet, ya sean elementos simples como bombillas y termostatos, prendas, relojes inteligentes, u otros más complejos como dispositivos médicos, maquinarias, robots industriales o vehículos autónomos.

La adopción de la IoT ha experimentado un crecimiento sostenido a partir del abaratamiento de los costos de producción y mantenimiento de los dispositi-

vos conectados, y su aplicación en la automatización de procesos y la mejora de la experiencia de los clientes. Esto ha significado un desafío a la ciberseguridad, pues ha introducido nuevas superficies de ataques explotables que se expanden más allá de la web, la nube, los sistemas operativos y los protocolos (Samaila, Neto, Fernandes, Freire & Inácio, 2017; Sokolov, Gaskarov, Knysh & Sagitova, 2021; Yousefnezhad, Malhi & Främling, 2020), debido a que:

- No se tiene en mente la seguridad cuando son diseñados.
- Tienen limitaciones de recursos de cómputo, lo que impiden que se apliquen medidas comunes de protección (por ejemplo, antivirus o IDS).
- Las pruebas de seguridad que se les realizan son deficientes.

Los atacantes tienen diversas motivaciones, pero básicamente pueden encontrarse tres grupos: los ataques que van dirigidos a los dispositivos por la importancia que estos tienen en los procesos, los ataques que usan el dispositivo como punto de entrada a los sistemas y redes objetivos y finalmente, aquellos ataques que persiguen controlar el dispositivo y hacerlo formar parte de una *botnet* para lanzar ataques a terceros (Hamid *et al.*, 2021; Pecori, Tayebi, Vannucci & Veltri, 2020; Stellios, Kotzanikolaou, Psarakis, Alcaraz & López, 2018).

Vulnerabilidades de seguridad que se encuentran con más frecuencia en los dispositivos de IoT (Alladi, Chamola, Sikdar & Choo, 2020; Hassija *et al.*, 2019; Khan & Salah, 2018; Mendhurwar & Mishra, 2019; Mohamad Noor & Hassan, 2019; Neshenko, Bou-Harb, Crichigno, Kaddoum & Ghani, 2019; Sokolov *et al.*, 2021):

- Uso de contraseñas débiles o embebidas: se utilizan credenciales simples (por ejemplo, usuario y *password*: admin), fáciles de adivinar o de obtener por ataques de fuerza bruta. Son iguales en todos los dispositivos similares y es común que estén incluidas y compiladas dentro del propio *firmware* (*software* controlador del dispositivo), por lo que no pueden ser modificadas fácilmente.
- Servicios de red inseguros: se incluyen servicios de red innecesarios o inseguros, que se ejecutan en el dispositivo en segundo plano, exponiéndolo en Internet, lo cual puede ser utilizado como vector de ataque para comprometer la información almacenada en este o permitir el control remoto no autorizado.
- Interfaces inseguras en el ecosistema IoT: las interfaces de administración externas, como paneles web, API, Servicios en la Nube u otros,

presentan problemas de configuración y seguridad, que se refleja e impacta gravemente sobre los dispositivos de IoT gestionados y otros sistemas vinculados.

- Falta de mecanismos de actualización seguros: existen carencias en cuanto a mecanismo de validación de las versiones de *firmware* en el dispositivo o para evitar el regreso a versiones anteriores y, por tanto, más vulnerables. El proceso de entrega se realiza a través de canales inseguros y no hay notificaciones sobre los cambios de seguridad incluidos en las actualizaciones. Todo ello favorece la manipulación e inyección de *firmware* comprometido o dificulta la correcta actualización de estos.
- Uso de componentes inseguros o desactualizados: los dispositivos pueden contener bibliotecas y componentes de *software* y *hardware* obsoletos o inseguros, provenientes del propio fabricante o de terceros, lo que podría aumentar el riesgo de explotación de estas vulnerabilidades.
- Insuficiente protección de la privacidad: la gestión de los datos del usuario almacenados en los dispositivos IoT y en su ecosistema actualmente no es adecuada: es insegura y no se suele requerir permiso.
- Falta de seguridad en el almacenamiento y la transferencia de datos: las deficiencias en el cifrado de la información en cualquier lugar del ecosistema, ponen en peligro la confidencialidad e integridad de la información procesada.
- Inadecuada gestión de dispositivos: no se realizan controles de seguridad en los dispositivos desplegados en producción, que incluyan, por ejemplo, la gestión de activos, actualizaciones, monitorización, políticas de desmantelamiento y borrado seguro de los datos.
- Configuraciones por defecto inseguras: las configuraciones por defecto de los dispositivos suelen ser permisivas e inseguras, lo que facilita la explotación de vulnerabilidades conocidas.
- Falta de bastionado físico: incluye la falta de controles para el acceso físico al dispositivo, pues si un adversario consigue acceder a este, las medidas de seguridad implantadas resultan inútiles.

La privacidad es otro reto que debe superar la evolución de la IoT, pues no se trata solamente de la información que pueda exponerse por un ataque, sino también de la adecuada gestión por dispositivos y empresas de estos (Emami-Naeini, Agarwal, Cranor & Hibshi, 2020), como ocurre con los datos

captados por altavoces inteligentes (Y. Huang, Obada-Obieh & Beznosov, 2020; S. Li, Choo, Sun, Buchanan & Cao, 2019).

En la actualidad existe mayor conciencia sobre la necesidad de trabajar en función de resolver los principales problemas de seguridad de la IoT, pero aún queda un largo camino por recorrer, debido a la amplia diversidad de fabricantes, tecnologías y usos que presentan. Entidades como el NIST, el ISO o la Alianza FIDO, están trabajando en estándares para normar aspectos concretos de la seguridad, como puede ser la criptografía (NIST, 2021) o la gestión de credenciales (FIDO, 2021).

## Aplicaciones web

Las aplicaciones web están en la base de la transformación digital de la sociedad moderna. En la mayoría de los casos, a través de ellas, se establece la interrelación de personas y entidades en el ciberespacio. Puede afirmarse, sin lugar a dudas, que la web constituyó un pilar decisivo para el uso de la Internet (Mechant, 2019; O'Regan, 2018). La web está sustentada en el protocolo HTTP (Group, 1999), utilizado también como medio de intercambio de información entre dispositivos y sistemas informáticos, a través de interfaces de programación de aplicaciones o API (del inglés *Application Programming Interfaces*).

El amplio uso de la tecnología web y el protocolo HTTP ha significado también el crecimiento de incidentes de seguridad en este campo. Su amplia utilización, sobre todo en operaciones de comercio electrónico y redes sociales (Bhagwani *et al.*, 2019), la existencia de vulnerabilidades de seguridad en el código fuente (K. Kim *et al.*, 2020; Positive\_Technologies, 2020; Touseef *et al.*, 2019), y el ser HTTP un protocolo sin estado (Stefano Calzavara, Rabitti, Ragazzo & Bugliesi, 2019; Sinha & Tripathy, 2019), pueden citarse entre las principales causas vinculadas a las amenazas más importantes en esta tecnología:

- Explotación de la aplicación web como puerta de entrada a la infraestructura tecnológica de la organización.
- Robo de información, tanto de la organización como de los usuarios.
- Captura y suplantación de identidad en operaciones de la aplicación web.
- Control de la aplicación web para el lanzamiento de ataques a terceros (*botnets*).
- Exposición de información debido a errores técnicos.
- Daños económicos, legales y de reputación para las organizaciones y los usuarios.

Un análisis de los reportes emitidos entre 2003 y 2017 (Stock, Glas, Smithline & Gigler, 2017) por OWASP, permiten enumerar las vulnerabilidades de seguridad más frecuentes en las aplicaciones web:

- **Inyección de código:** las vulnerabilidades de inyección de código SQL, HTML, OS, PHP y otros, ocurren cuando la aplicación no está preparada para validar y detectar códigos dañinos que puede ser insertado como parte de una secuencia de datos legítima (Dong *et al.*, 2018).
- **Pérdida de Autenticación y Gestión de Sesiones:** las funciones de la aplicación relacionadas con la autenticación y gestión de sesiones son implementadas de forma incorrecta, lo que posibilita que los adversarios puedan explotar fallas que les permitan suplantar la identidad de los usuarios (S. Calzavara, Focardi, Grimm, Maffei & Tempesta, 2020).
- **Secuencia de Comandos en Sitios Cruzados (XSS):** las fallas XSS ocurren cuando una aplicación envía datos no confiables al navegador web sin una validación y codificación apropiada (Rodríguez, Torres, Flores & Benavides, 2020).
- **Control de Acceso Interrumpido:** las restricciones a las funciones que los usuarios tienen permiso para utilizar no se cumplen correctamente. Dentro de este grupo de vulnerabilidades se destacan (Ghorbanzadeh & Shahriari, 2020):
  - \* **Referencia Directa Insegura a Objetos:** se produce cuando un desarrollador expone una referencia a un objeto interno, como un archivo, directorio o base de datos, y no hay un chequeo de control de acceso efectivo.
  - \* **Ausencia de Control de Acceso a Funciones:** las aplicaciones web no verifican los permisos de acceso a nivel de función, antes de mostrarlas en la interfaz de usuario.
- **Configuración de Seguridad Incorrecta:** no se aplican adecuadamente las configuraciones de seguridad propuestas para las aplicaciones, marcos de trabajo, bases de datos, servidores web y sistemas operativos (Kumi, Lim, Lee, Oktian & Witanto, 2021).
- **Exposición de datos sensibles:** está provocado por las deficiencias en la protección adecuada de datos sensibles, como: credenciales de cuentas de usuarios, números de tarjetas de crédito y otros datos personales (Liu *et al.*, 2020).
- **Falsificación de peticiones en sitios cruzados (CSRF):** esta vulnerabilidad permite que los adversarios puedan obligar al navegador de un usuario au-

tenticado a enviar una petición HTTP manipulada sin conocimiento de este (Arora, Singh, Sahu, Keshari & Vinoth Kumar, 2021).

- Utilización de componentes con vulnerabilidades conocidas: dado por la utilización de componentes (bibliotecas, marcos de trabajos, extensiones y otros módulos) con vulnerabilidades conocidas, que debilitan las defensas y amplían la superficie de ataque (Morrison, Moye, Pandita & Williams, 2018).
- Entidades externas de XML (XXE): las entidades externas en documentos XML pueden utilizarse para revelar archivos en servidores no actualizados, escaneo de puertos, ejecución de código, entre otros (Masrur Rauf, Eiffel Rivaldo & Amiruddin, 2020).
- Deserialización insegura: ocurre cuando una aplicación recibe objetos serializados manipulados para realizar ataques de repetición, inyecciones o elevar sus privilegios de ejecución (Kuang, Meng, Han, Wang & Jiang, 2020).
- Registro y monitoreo insuficiente: el deficiente monitoreo de los registros de operación de las aplicaciones web permiten a los adversarios vulnerar los controles de seguridad (Shugrue, 2017).

Para contrarrestar las amenazas y las vulnerabilidades de seguridad más frecuentes en aplicaciones web, pueden aplicarse los siguientes controles de seguridad:

- Registrar los componentes de la aplicación web: esto permitirá gestionar de forma directa la seguridad de estos. Incluye el núcleo de los sistemas de gestión de contenidos, los complementos o *plugins*, los temas, los marcos de trabajo, el sistema gestor de bases de datos, los servidores web y los intérpretes de código fuente.
- Establecer un programa de mantenimiento periódico: con el objetivo de aplicar parches de seguridad cuando sean publicados, especialmente en las aplicaciones web accesibles desde Internet. Además, debe implantarse un programa de vigilancia tecnológica que garantice el conocimiento de las vulnerabilidades de seguridad; siempre debe evitarse la adquisición de aplicaciones web que no sean actualizables.
- Fortalecer la seguridad de las aplicaciones y los servidores web: esto significa utilizar adecuadamente las configuraciones de seguridad de las aplicaciones y los servidores web, eliminando servicios, archivos y aplicaciones

innecesarias en el servidor, así como evitar la publicación de las tecnologías utilizadas y sus versiones en Internet.

- Aplicar prácticas de administración segura: el objetivo es aplicar mecanismos de seguridad generales establecidos, pero también específicos, como los cortafuegos de aplicaciones web WAF (por las siglas en inglés, *Web Application Firewall*) y sistemas de detección de intrusiones de host HIDS (por las siglas en inglés, *Host-based Intrusion Detection System*). Debe permitirse el acceso a los paneles de administración solo desde determinada subred o incluso direcciones IP; deben separarse las actividades de gestión de contenidos con las actividades de administración técnica de la aplicación web.
- Supervisar el tráfico asociado a la aplicación web: debe supervisarse el tráfico que genera la aplicación web para comprobar la efectividad de los mecanismos de seguridad establecidos y detectar amenazas avanzadas, así como establecer políticas para la gestión de registros o *logs* de acceso de los servidores web, de manera que ante un incidente de ciberseguridad se cuente con la información necesaria para su investigación.
- Capacitar periódicamente al personal especializado: debe abarcar al menos áreas como la evaluación de vulnerabilidades y *hacking* ético, la administración segura de servidores web, el análisis de tráfico web y comportamientos anómalos, y las técnicas de desarrollo seguro.

Los controles antes descritos permitirán mantener un nivel de seguridad razonable ante las amenazas en este tipo de tecnología. Lo fundamental es concientizar que las aplicaciones web son sistemas que deben evolucionar y actualizarse constantemente. La aplicación web más segura se vuelve insegura con el paso del tiempo, debido al descubrimiento permanente de vulnerabilidades, por lo que requiere un mantenimiento y seguimiento constante del personal especializado de la organización.

## Dispositivos móviles

La utilización de los dispositivos móviles ha experimentado un incremento significativo en todo el mundo, llegando a desplazar incluso a los equipos de cómputo tradicionales, como principal medio para los usuarios conectarse a Internet (Statista, 2021). Un dispositivo móvil es esencialmente una computadora de mano; está diseñado para que una persona pueda transportarlo fácilmente y



utilizarlo sin depender de una infraestructura física para ello. Posee almacenamiento de datos local y cuenta con una fuente de alimentación que le permite funcionar durante períodos prolongados de tiempo (NIST, 2015). Los principales exponentes de este campo son: teléfonos inteligentes, tabletas, lectores digitales y *laptops*.

Estas características crean condiciones para que surjan nuevas amenazas, si lo comparamos con medios de computo tradicionales, como las estaciones de trabajo y servidores:

- **Movilidad:** los dispositivos móviles están en constante riesgo de sufrir roturas debido a caídas y manipulación inadecuada, o a extravíos, robos y manipulación por parte de los adversarios, cuestiones que resultan menos probables en el caso de otros medios de cómputo (Alsunaidi & Almuhaideb, 2019; T. Li, Chen, Sun, Jin & Zhang, 2016; Rao, Holtmanns, Oliver & Aura, 2015).
- **Hiperconectividad:** a diferencia de los sistemas, los dispositivos móviles proveen diferentes canales de conexión para compartir datos con otros equipos, mediante Bluetooth, Wifi, NFC, infraestructura de telefonía celular o incluso conexión USB, si se tienen en cuenta los cargadores públicos de energía. Esto amplía, por tanto, la superficie de ataque al compararlo con otros dispositivos (Ferrag, Maglaras, Argyriou, Kosmanos & Janicke, 2018; Hassan, Bibon, Hossein & Atiquzzaman, 2018; Japertas & Janknien, 2020).
- **Limitaciones tecnológicas y de usabilidad:** aunque las características técnicas se han ido incrementando constantemente, los dispositivos móviles todavía presentan restricciones de funcionamiento, debido a las menores capacidades de almacenamiento de energía, potencia de cómputo, almacenamiento y limitaciones físicas para la interacción con el usuario, dadas por las dimensiones de la pantalla y el teclado. Esto reduce las posibilidades de establecer medidas de seguridad tecnológicas estándares o más fuertes (H.-W. Kim & Jeong, 2018; Lam, 2021; Shashidhara, Nayak, Das & Park, 2021; Talal *et al.*, 2019; Wang, Wang, Chen, Liu & Liu, 2020).
- **Convergencia tecnológica:** en la actualidad, confluye sobre los dispositivos móviles muchas de las funciones de la computación tradicional como la navegación web, los videojuegos, acceso a las redes sociales, uso de aplicaciones profesionales nativas y computación en la nube, pero también otras más específicas como la telefonía celular, su uso como medio de pago electrónico o el control de dispositivos de domótica e IoT. Esto influye en el aumento

de los vectores de ataque, con respecto a otros sistemas de cómputo. Por ejemplo, es más fácil la contaminación del dispositivo a través de un *malware* en un videojuego para tomar el acceso de otros servicios como las redes sociales (Goodwin, 2020; Saudi *et al.*, 2019; Su, Liu, Wang & Wang, 2019; Suarez-Tangil *et al.*, 2017; Viloria, Alberto & Cabarcas, 2021).

- Soporte a nivel de *software*: los fabricantes de dispositivos móviles proveen un soporte muy escaso de actualizaciones de *software* y parches de seguridad si se compara con otros sistemas de cómputo. Por lo general, este oscila entre 2 y 3 años, y al término de este los dispositivos quedan a expensas de la explotación de las vulnerabilidades de seguridad que continuamente son descubiertas (Bhat & Dutta, 2019; Derr, Bugiel, Fahl, Acar & Backes, 2017; J. Huang, Borges, Bugiel & Backes, 2019; Pariwono, Chiba, Akiyama & Mori, 2018).
- Marcado uso individual y personalización: los dispositivos móviles se diferencian también por el uso personalizado y constante uso de estos, lo que obliga por lo general a los usuarios a llevarlos consigo, no se comparten con otros usuarios y contienen más información personal como: listas de llamadas, mensajes SMS, posicionamiento geográfico, fotos y otros datos que, por lo general, no aparecen en otros medios de cómputo o están más dispersos en estos (Belanger & Crossler, 2019; Jain, Paul & Shrivastava, 2021; Pal, Arpni-kanondt & Razzaque, 2020).

En el caso de los dispositivos que hacen uso de redes móviles de comunicación, surgen también otros aspectos que particularizan el análisis de seguridad en estos:

- Facturación de operaciones: el uso de la infraestructura de telefonía celular representa un gasto monetario directo y proporcional a las operaciones realizadas desde el dispositivo para el usuario, independientemente de si es una operación legítima o fue producto de la acción de un *malware*. En el caso de la computación tradicional, la explotación de un *malware* de la red no genera un costo, por lo general, más allá del contratado con el proveedor de servicios (Chen, Meng & Copeland, 2019; Conti, Li, Maragno & Spolaor, 2018; McGill & Thompson, 2017; Nath, 2015; Shao *et al.*, 2018; Silva, Carvalho & Lima, 2020).
- Servicios de Tarificación Especial: a diferencia de otros medios de cómputo, los teléfonos inteligentes pueden generar ganancias inmediatas para los adversarios que estén asociados a servicios de tarificación especial (Arifat,

Qusef & Sammour, 2019; Ruihong, Fei, Shuhui & Shuang, 2020; Sahin, Francillon, Gupta & Ahamad, 2017).

- Dispositivo de confianza: otra característica distintiva es que los proveedores de servicios requieren la instalación de un *chip* (SIM, USIM o UICC) en el dispositivo móvil, para almacenar de forma segura la clave de servicio del suscriptor usada para identificarse ante la red, cuestión que no ocurre en otros medios de cómputo tradicionales, lo cual por una parte incrementa la seguridad de acceso a las operaciones y los servicios, pero también puede provocar amenazas dadas por el intercambio de SIM, debido a una gestión inadecuada de los proveedores (Chitroub, Blaid, Aouadia & Laouar, 2019; Ferrag *et al.*, 2018; Guarda *et al.*, 2020; Hammood *et al.*, 2020).

Es necesario también tener en cuenta la seguridad de los dispositivos móviles que son utilizados en las organizaciones, sean institucionales o propios. El concepto BYOD (por las siglas en inglés, *Bring Your Own Device*) da a los empleados el acceso a datos, aplicaciones, registros, redes administradas y otros contenidos a través de sus dispositivos. Esto aumenta la movilidad, flexibilidad, productividad y satisfacción del trabajador, pero también inserta amenazas a la seguridad como las mencionadas (Palanisamy, Norman & Mat Kiah, 2020). No se trata de prohibirlo, sino de incorporar medidas que garanticen el uso seguro de estos (Ali & Kaur, 2021).

Existen diversos controles de seguridad que pueden aplicarse para fortalecer la seguridad de los dispositivos móviles, entre los que se destacan:

- Instalar aplicaciones solo desde fuentes confiables: las aplicaciones deben instalarse únicamente desde los repositorios oficiales (por ejemplo, APKlist, Google Play, Apple Store y otros). Es importante leer los permisos y las condiciones que se están aceptando, y comprobar la reputación de esta.
- Instalar solo las aplicaciones necesarias: llenar el dispositivo de aplicaciones ralentiza su funcionamiento, ocupa sus recursos y aumenta el riesgo de que contengan vulnerabilidades de seguridad. Por ello deben desinstalarse aquellas que no sean necesarias y así minimizar el riesgo de exposición.
- Realizar copias de seguridad: si la información utilizada en el dispositivo es importante, entonces sería conveniente utilizar alguna solución de copia de respaldo. Lo ideal es utilizar soluciones controladas por la organización, para que la información no viaje fuera de ella.

- Establecer el bloqueo automático del dispositivo: debe configurarse para que transcurrido un tiempo de inactividad, pase automáticamente a modo de suspensión y se active el bloqueo de la pantalla.
- Cifrar el dispositivo: esta práctica se suele complementar con el control anterior. Consiste en cifrar las unidades de almacenamiento, haciendo imposible la copia o extracción de datos si no se conoce la contraseña de desbloqueo. Según el modelo, se permite cifrar tanto la memoria interna como la memoria de almacenamiento extraíble.
- Evitar el almacenamiento de datos sensibles: la información más delicada de la organización no debe ser almacenada en dispositivos móviles, aunque estén cifrados, ya que los dispositivos móviles suponen riesgos mayores. Si se ha de acceder a esa información, debe hacerse de forma *online*, a través de servidores seguros mediante VPN.
- Evitar el *rooteo* y el *jailbreak*: estos términos se refieren a conceder privilegios de administración a las aplicaciones, saltándose el mecanismo de protección que tienen los sistemas operativos de los teléfonos Android e iOS. Esta característica puede añadir funcionalidades al dispositivo, pero también es un riesgo extra al que se expone, pues se está eliminando la barrera de protección a este nivel.
- Habilitar el borrado remoto: con esta práctica se podrán borrar los datos del dispositivo y restaurarlos a los valores de fábrica, todo ello de forma remota en caso de pérdida o robo del dispositivo. Esta función depende del tipo de dispositivo y del fabricante.
- Deshabilitar la geolocalización: es recomendable deshabilitar esta funcionalidad, siempre que su uso no sea estrictamente necesario para evitar la acción de los *malware* de vigilancia.
- Instalar un *antimalware* reconocido: se recomienda disponer de un antivirus en el dispositivo móvil, como medida extra de protección contra el *malware*. Segurmática Móvil, solución desarrollada y comercializada en Cuba para dispositivos Android, representa una opción imprescindible para ser aplicada en el contexto nacional.
- Desactivar las comunicaciones inalámbricas: deben desactivarse las redes inalámbricas si no se van a utilizar a corto plazo. Las redes más usuales suelen ser *wifi*, *bluetooth* o infrarrojos. Existen ataques contra redes inalámbricas que utilizan puntos de acceso falsos, engañando al dispositivo para que se conecte automáticamente a una red de supuesta confianza. El usuario

navegaría entonces sin tener constancia de que el tráfico está siendo monitorizado por un atacante.

- Evitar el uso de cargadores públicos: se han dado casos de fugas de información en dispositivos móviles, por haber sido conectados en cargadores públicos. Se debe evitar conectar el dispositivo por USB a cualquier ordenador público y cualquier otro aparato que no tengamos total confianza en él. Pueden haber sido manipulados para extraer información de cualquier dispositivo USB al que se conecten.

Los controles de seguridad enumerados permiten elevar significativamente la protección de los dispositivos móviles para garantizar el uso seguro de estos. Los usuarios deben ser conscientes del volumen e importancia de los datos personales e institucionales que estos puedan contener, para actuar de manera coherente en el cuidado de estos. El aumento en su potencia y funcionalidades debe venir acompañado de controles de seguridad efectivos y simples de operar, de manera que toda la sociedad se beneficie de su utilización en los procesos de transformación digital.

## Conclusiones

Todo desarrollo tecnológico humano trae aparejado nuevos desafíos para su asimilación por la sociedad y las TIC no son la excepción. En este texto se han brindado ejemplos de ello, enfocado a la computación en la nube, la Internet de las Cosas, los dispositivos móviles y las aplicaciones web.

La transformación digital está en la base de todo propósito que busque el aumento de las capacidades productivas, la calidad de los servicios, la optimización y gestión de procesos, y la prosperidad en las sociedades modernas. Para lograrlo es necesario gestionar adecuadamente la ciberseguridad, concientizar a las personas y los trabajadores de aplicar las prácticas reconocidas en este campo e incorporarlo al sistema de trabajo de las organizaciones. No existe la ciberseguridad invisible, pues requiere de recursos y esfuerzos, la tecnología por sí sola no puede garantizar la protección necesaria si no se establece un efectivo sistema integral de la ciberseguridad a todos los niveles, en correspondencia con la importancia de los activos que se deben proteger.

En la ciberseguridad, la única constante es el cambio. Comprender este principio coadyuvará a mantener niveles razonables de ciberseguridad, en pos

de garantizar una adecuada seguridad del ciberespacio frente a amenazas, riesgos y ataques de todo tipo.

## Referencias bibliográficas

- Ahmad, I. & Bakht, H. J. I. J. O. C.: “Security challenges from abuse of cloud service threat”. En *International Journal of Computing Digital Systems*, 8(01), pp. 19-31, 2019.
- Ali, M. I. & Kaur, S.: “BYOD Cyber Threat Detection and Protection Model”. Paper presented at the 2021 International Conference on Computing, Communication, and Intelligent Systems (ICCCIS), 2021.
- Alladi, T., Chamola, V., Sikdar, B. & Choo, K. R.: *Consumer IoT: Security Vulnerability Case Studies and Solutions*. IEEE Consumer Electronics Magazine, 9(2), pp. 17-25, 2020.
- Alouffi, B., Hasnain, M., Alharbi, A., Alosaimi, W., Alyami, H. & Ayaz, M.: *A Systematic Literature Review on Cloud Computing Security. Threats and Mitigation Strategies*. IEEE Access, 9, pp. 57792-57807, 2021.
- Alsmadi, D. & Prybutok, V.: “Sharing and storage behavior via cloud computing: Security and privacy in research and practice”. En *Computers in Human Behavior*, 85, pp. 218-22, 2018.
- Alsunaidi, S. J. & Almuhaideb, A. M.: “Security Methods Against Potential Physical Attacks on Smartphones”. Paper presented at the 2019 2nd International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS), 2019.
- Arafat, M., Qusef, A. & Sammour, G.: “Detection of Wangiri Telecommunication Fraud Using Ensemble Learning”. Paper presented at the 2019 IEEE Jordan International Joint Conference on Electrical Engineering and Information Technology (JEEIT), 2019.
- Arora, N., Singh, P., Sahu, S., Keshari, V. K. & Vinoth Kumar, M.: *Preventing SSRF (Server-Side Request Forgery) and CSRF (Cross-Site Request Forgery) Using Extended Visual Cryptography and QR Code*, Singapore, 2021.
- Balani, Z. & Varol, H.: “Cloud Computing Security Challenges and Threats”. Paper presented at the 2020 8<sup>th</sup> International Symposium on Digital Forensics and Security (ISDFS), 2020.
- Barona, R. & Anita, E. A. M.: “A survey on data breach challenges in cloud computing security: Issues and threats”. Paper presented at the 2017 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT), 2017.

- Belanger, F. & Crossler, R. E.: “Dealing with digital traces: Understanding protective behaviors on mobile device”. En *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(1), pp. 34-4, 2019.
- Bermúdez, M. D. C.: “Decreto No. 360 Sobre la Seguridad de las Tecnologías de la Información y la Comunicación y la Defensa del Ciberespacio Nacional”. La Habana, 2019.
- Bhagwani, H., Negi, R., Dutta, A. K., Handa, A., Kumar, N. & Shukla, S. K.: “Automated Classification of Web-Application Attacks for Intrusion Detection”. Paper presented at the Security, Privacy, and Applied Cryptography Engineering, Cham, 2019.
- Bhat, P. & Dutta, K.: *A Survey on Various Threats and Current State of Security in Android Platform*. 52 (1%JACMComput.Surv.), Article 21, 2019.
- Cain, C., Raymond, D. & Ransbottom, J. S.: “The State of the Public Cloud: Security Concerns with Cloud Computing”. Paper presented at the 2020 SoutheastCon, 2020.
- Calzavara, S., Focardi, R., Grimm, N., Maffei, M. & Tempesta, M.: “Language-Based Web Session Integrity”. Paper presented at the 2020 IEEE 33<sup>rd</sup> Computer Security Foundations Symposium (CSF), 2020.
- Calzavara, S., Rabitti, A., Ragazzo, A. & Bugliesi, M.: “Testing for Integrity Flaws in Web Sessions”. Paper presented at the European Symposium on Research in Computer Security, 2019.
- Chen, G., Meng, W. & Copeland, J.: “Revisiting Mobile Advertising Threats with MADLife”. Paper presented at the The World Wide Web Conference, San Francisco, CA, EE. UU., 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/3308558.3313549>
- Chitroub, S., Blaid, D., Aouadia, H. & Laouar, R.: “Securing Mobile IoT Deployment Using Embedded SIM: Concerns and Solutions”. Paper presented at the 2019 International Conference on Internet of Things, Embedded Systems and Communications (IINTEC), 2019.
- Cloud\_Security\_Alliance: CSA Security Guidance for Critical Areas of Focus in Cloud Computing v4.0, 2020(a). Disponible en: <https://cloudsecurityalliance.org/research/guidance/>
- Cloud\_Security\_Alliance: Top Threats to Cloud Computing: Egregious Eleven Deep Dive, 2020 (b). Disponible en: <https://cloudsecurityalliance.org/>
- Conti, M., Li, Q. Q., Maragno, A. & Spolaor, R.: “The Dark Side(-Channel) of Mobile Devices. A Survey on Network Traffic Analysis”. En *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20(4), pp. 2658-2713, 2018.

- Derr, E., Bugiel, S., Fahl, S., Acar, Y. & Backes, M.: Keep me Updated: “An Empirical Study of Third-Party Library Updatability on Android”. Paper presented at the Proceedings of the 2017 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security, Dallas, Texas, EE. UU., 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/3133956.3134059>
- Dong, Y., Zhang, Y., Ma, H., Wu, Q., Liu, Q., Wang, K. & Wang, W.: “An adaptive system for detecting malicious queries in web attacks”. En *Science China Information Sciences*, 61(3), pp. 32-114, China, 2018.
- Drossel, W.-G., Ihlenfeldt, S., Langer, T. & Dumitrescu, R.: Cyber-Physical Systems. In R. Neugebauer (Ed.), *Digital Transformation*, pp. 189-213, Springer Berlin Heidelberg, Berlín, 2019.
- Eckert, C. & Waidner, M.: Safety and Security. In R. Neugebauer (Ed.), *Digital Transformation*, pp. 265-283, Springer Berlin Heidelberg, Berlín, 2019.
- Emami-Naeini, P., Agarwal, Y., Cranor, L. F. & Hibshi, H.: “Ask the Experts: What Should Be on an IoT Privacy and Security Label?”. Paper presented at the 2020 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP), 2020.
- ENISA: *The year in review. ENISA Threat Landscape*. Disponible en: Ferrag, M. A., Maglaras, L., Argyriou, A., Kosmanos, D. & Janicke, H. (2018): “Security for 4G and 5G cellular networks: A survey of existing authentication and privacy-preserving schemes”. *Journal of Network and Computer Applications*, 101, pp. 55-82, 2020.
- FIDO: *FIDO Device Onboard Specification*. FIDO Alliance, 2021.
- França, R. P., Monteiro, A. C. B., Arthur, R. & Iano, Y.: “The Fundamentals and Potential for Cybersecurity of Big Data in the Modern World”. En Y. Maleh, M. Shojafar, M. Alazab & Y. Baddi (Eds.), *Machine Intelligence and Big Data Analytics for Cybersecurity Applications*, pp. 51-73, Cham, Springer International Publishing, 2021.
- Frances, R. & Nicole, P.: *Dangerous Stuff: Hackers Tried to Poison Water Supply of Florida Town*, 2021. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2021/02/08/us/oldsmar-florida-water-supply-hack.html>
- Ghorbanzadeh, M. & Shahriari, H. R.: ANOVUL: “Detection of logic vulnerabilities in annotated programs via data and control flow analysis”. En *IET Information Security*, 14(3), pp. 352-364, 2020. Disponible en: <https://digital-library.theiet.org/content/journals/10.1049/iet-ifs.2018.5615>
- Goodwin, C.: “Why Sideload? User Behaviours, Interactions and Accessibility Issues Around Mobile App Installation”. Paper presented at the Proceedings



- of the 32nd International BCS Human Computer Interaction Conference 33, 2020.
- Group, N. W.: “RFC 2616 Hypertext Transfer Protocol-HTTP/1.1”. En R. Fielding, J. Gettys, J. Mogul, H. Frystyk, L. Masinter, P. Leach, T. Berners-Lee, 1999. Disponible en: <https://www.w3.org/Protocols/rfc2616/rfc2616.html>
- Guarda, T., Augusto, M. F., Lopes, I., Victor, J. A., Rocha, Á. & Molina, L.: “Mobile Communication Systems: Evolution and Security”. Paper presented at the Developments and Advances in Defense and Security, Singapore, 2020.
- Hamid, H., Noor, R. M., Omar, S. N., Ahmedy, I., Anjum, S. S., Shah, S. A. A. & Tamil, E. M.: “IoT-based botnet attacks systematic mapping study of literature”. En *Scientometrics*, 126(4), pp. 2759-2800, 2021. doi:10.1007/s11192-020-03819-5
- Hammood, W. A., Abdullah, R., Hammood, O. A., Mohamad Asmara, S., Al-Sharafi, M. A. & Muttaleb Hasan, A.: “A Review of User Authentication Model for Online Banking System based on Mobile IMEI Number”. IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 769, 012061, 2020.
- Hassan, S. S., Bibon, S. D., Hossain, M. S. & Atiquzzaman, M.: “Security threats in Bluetooth technology”. En *Computers & Security*, 74, pp. 308-322, 2018.
- Hassija, V., Chamola, V., Saxena, V., Jain, D., Goyal, P. & Sikdar, B.: “A Survey on IoT Security: Application Areas, Security Threats, and Solution Architectures”. En *IEEE Access*, 7, pp. 82721-82743, 2019.
- Huang, J., Borges, N., Bugiel, S. & Backes, M.: “Up-To-Crash: Evaluating Third-Party Library Updatability on Android”. Paper presented at the 2019 IEEE European Symposium on Security and Privacy (Euro S & P), 2019.
- Huang, Y., Obada-Obieh, B. & Beznosov, K.: “Amazon vs. My Brother: How Users of Shared Smart Speakers Perceive and Cope with Privacy Risks”. Paper presented at the Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Honolulu, HI, EE. UU., 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/3313831.3376529>
- ISO: *Information technology-Security techniques-Information security management systems-Overview and vocabulary*. Vol. ISO/IEC 27000:2018(E), Suiza, 2018.
- Jain, G., Paul, J. & Shrivastava, A.: “Hyper-personalization, co-creation, digital clienteling and transformation”. En *Journal of Business Research*, 124, pp. 12-23, 2021.

- Japertas, S. & Jank nien , R.: “NFC Vulnerabilities Investigation”. Paper presented at the Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications, Cham, 2020.
- Khan, M. A. & Salah, K.: “IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges”. En *Future Generation Computer Systems*, 82, pp. 395-411, 2018.
- Kim, H. W. & Jeong, Y. S.: “Secure Authentication-Management human-centric Scheme for trusting personal resource information on mobile cloud computing with blockchain”. En *Human-centric Computing and Information Sciences*, 8(1), pág. 11, 2018.
- Kim, K., Yang, H. D., Son, B., Yoon, H., Yim, K. & Lee, M.: *A Survey on Attack Cases Exploiting Computer Architectural Vulnerabilities*. Vol. 994. Advances in Intelligent Systems and Computing, pp. 834-844, 2020.
- Kuang, Y., Meng, X., Han, W., Wang, X. & Jiang, C.: “A Vulnerability Mining Model of Java Json Deserialization Based on AST”. Paper presented at the 2020 International Conferences on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData) and IEEE Congress on Cybermatics (Cybermatics), 2020.
- Kumi, S., Lim, C., Lee, S.-G., Oktian, Y. O. & Witanto, E. N.: “Automatic Detection of Security Misconfigurations in Web Applications”. Paper presented at the Proceedings of International Conference on Smart Computing and Cyber Security, Singapore, 2021.
- Lam, K. Y.: “A Review on Malware Variants Detection Techniques for Threat Intelligence in Resource Constrained Devices: Existing Approaches, Limitations and Future Direction”. Paper presented at the Advances in Cyber Security, Second International Conference, ACeS 2020, Revised Selected Papers, December 8-9, Penang, Malaysia, 2020.
- Li, F., Yan, X., Xie, Y., Sang, Z. & Yuan, X.: “A Review of Cyber-Attack Methods in Cyber-Physical Power System”. Paper presented at the 2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Power System Automation and Protection (APAP), 2019.
- Li, S., Choo, K. R., Sun, Q., Buchanan, W. J. & Cao, J.: “IoT Forensics: Amazon Echo as a Use Case En *IEEE Internet of Things Journal*, 6(4), pp. 6487-6497, 2019.
- Li, T., Chen, Y., Sun, J., Jin, X. & Zhang, Y.: “iLock: Immediate and Automatic Locking of Mobile Devices against Data Theft”. Paper presented at the

- Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security, Vienna, Austria, 2016. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/2976749.2978294>
- Liu, Y., Lin, F. Y., Ahmad-Post, Z., Ebrahimi, M., Zhang, N., Hu, J. L. & Chen, H.: “Identifying, Collecting, and Monitoring Personally Identifiable Information: From the Dark Web to the Surface Web”. Paper presented at the 2020 IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics (ISI), 2020.
- Martti, L.: “Cutting-Edge Digitization Challenges in Vehicle Cyber-Physical Systems and Cybersecurity”. En K. B. Akhilesh & D. P. F. Möller (Eds.), *Smart Technologies, Scope and Applications*, pp. 17-34, Springer Singapore, Singapore, 2020.
- Masrur Rauf, R., Eiffel Rivaldo, T. & Amiruddin, A.: “A review of attacks, objects, and mitigations on web services”. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 852, 012139, 2020.
- McGill, T. & Thompson, N.: “Old risks, new challenges: exploring differences in security between home computer and mobile device use”. En *Behaviour & Information Technology*, 36(11), pp. 1111-1124, 2017.
- Mechant, P.: “Web 25. Histories from the first 25 years of the world wide web”. En *International Journal of Digital Humanities*, 1(1), pp. 133-13, 2019.
- Mell, P. & Grance, T.: The NIST Definition of Cloud Computing. Special Publication 800-14, 2011.
- Mendhurwar, S. & Mishra, R.: *Integration of social and IoT technologies: architectural framework for digital transformation and cyber security challenges*. Enterprise Information Systems, p. 1-20, 2019.
- Mohamad Noor, M. B. & Hassan, W. H.: “Current research on Internet of Things (IoT) security”. En *A survey. Computer Networks*, 148, pp. 283-294, 2019.
- Möller, D. P. F.: “Attack Models and Scenarios”. *Cybersecurity in Digital Transformation: Scope and Applications*, pp. 89-98, Cham, Springer International Publishing, 2020.
- Morrison, P., Moye, D., Pandita, R. & Williams, L.: “Mapping the field of software life cycle security metrics”. En *Information and Software Technology*, 102, pp. 146-159, 2018.
- Nath, S.: “MAdScope: Characterizing Mobile In-App Targeted Ads”. Paper presented at the Proceedings of the 13<sup>th</sup> Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, Florence, Italy, 2015. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/2742647.2742653>

- Neshenko, N., Bou-Harb, E., Crichigno, J., Kaddoum, G., & Ghani, N.: Demystifying IoT Security: “An Exhaustive Survey on IoT Vulnerabilities and a First Empirical Look on Internet-Scale IoT Exploitations”. En *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21(3), pp. 2702-2733, 2019.
- NIST: *NIST special publication 800-53A, Rev. 4. Assessing Security and Privacy Controls in Federal Information Systems and Organizations, Building Effective Assessment Plans*, 2015.
- NIST: *NISTIR 7298 Glossary of Key Information Security Terms*, 2019.
- NIST: Lightweight Cryptography, 2021. Disponible en: <https://csrc.nist.gov/projects/lightweight-cryptography/round-2-candidates>
- O’Regan, G.: “The Internet and World Wide Web”. *World of Computing: A Primer Companion for the Digital Age*, pp. 239-256. Cham, Springer International Publishing, 2018.
- Pal, D., Arpnikanondt, C. & Razzaque, M. A.: “Personal Information Disclosure via Voice Assistants: The Personalization-Privacy Paradox”. En *SN Computer Science*, 1(5), p. 280, 2020.
- Palanisamy, R., Norman, A. A. & Mat Kiah, M. L.: “BYOD Policy Compliance: Risks and Strategies in Organizations”. En *Journal of Computer Information Systems*, pp. 1-12, 2020.
- Palo\_Alto\_Networks: *Attack Surface Threat Report*, 2021.
- Pariwono, E., Chiba, D., Akiyama, M. & Mori, T.: “Don’t throw me away: Threats Caused by the Abandoned Internet Resources Used by Android Apps”. Paper presented at the Proceedings of the 2018 on Asia Conference on Computer and Communications Security, Incheon, Republic of Korea, 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/3196494.3196554>
- Pecori, R., Tayebi, A., Vannucci, A. & Veltri, L.: “IoT Attack Detection with Deep Learning Analysis”. Paper presented at the 2020 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 2020.
- Positive\_Technologies: *PositiveTechnologies. Web Application Vulnerabilities Statistics for 2019, 2020*.
- Prechtl, M., Lichtenthäler, R. & Wirtz, G.: *Investigating Possibilities for Protecting and Hardening Installable FaaS Platforms*, Cham, 2020.
- Proofpoint : *Voice of the CISO*, 2021. Disponible en: <https://bit.ly/34dIIML>
- Rao, S. P., Holtmanns, S., Oliver, I. & Aura, T.: “Unblocking Stolen Mobile Devices Using SS7-MAP Vulnerabilities: Exploiting the Relationship between IMEI and IMSI for EIR Access”. Paper presented at the 2015 IEEE Trustcom/BigDataSE/ISPA, 2015.

- Rodríguez, G. E., Torres, J. G., Flores, P. & Benavides, D. E.: “Cross-site scripting (XSS) attacks and mitigation”. En *A survey. Computer Networks*, 166, 106960, 2020.
- Rue, B. & Virok, C.: *The State of Software Code Report*, 2021. Disponible en: <https://bit.ly/3feZkVg>
- Ruihong, Y., Fei, W., Shuhui, C. & Shuang, Z.: “Assisting Telecommunication Fraud Prediction: Detect Individuals Carrying Multiple Phones Based on Trajectory Data Mining”. Paper presented at the 2020 Information Communication Technologies Conference (ICTC), 2020.
- Sahin, M., Francillon, A., Gupta, P. & Ahamad, M.: “SoK: Fraud in Telephony Networks”. Paper presented at the 2017 IEEE European Symposium on Security and Privacy (EuroS&P), 2017.
- Samaila, M. G., Neto, M., Fernandes, D. A. B., Freire, M. M. & Inácio, P. R. M.: “Security Challenges of the Internet of Things”. En J. M. Batalla, G. Mastorakis, C. X. Mavromoustakis, & E. Pallis (Eds.), *Beyond the Internet of Things: Everything Interconnected*, pp. 53-8. Cham, Springer International Publishing, 2017.
- Saudi, M. M., Ahmad, A., Kassim, S. R. M., Husaini Amer, M., Kassim, A. Z. & Zai-zi, N. J.: “Mobile Malware Classification for Social Media Application”. Paper presented at the 2019 International Conference on Cybersecurity (ICoCSec), 2019.
- Shamshirband, S., Fathi, M., Chronopoulos, A. T., Montieri, A., Palumbo, F. & Pescapè, A.: “Computational intelligence intrusion detection techniques in mobile cloud computing environments”. En *Review, taxonomy, and open research issues. Journal of Information Security and Applications*, 55, 102582, 2020.
- Shao, R., Rastogi, V., Chen, Y., Pan, X., Guo, G., Zou, S. & Riley, R. (2018): Understanding In-App Ads and Detecting Hidden Attacks through the Mobile App-Web Interface. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 17(11), págs. 2675-2688.
- Shashidhara, R., Nayak, S. K., Das, A. K. & Park, Y.: “On the Design of Lightweight and Secure Mutual Authentication System for Global Roaming in Resource-Limited Mobility Networks”. En *IEEE Access*, 9, pp. 12879-12895, 2021.
- Shugrue, D.: “Fighting application threats with cloud-based WAFs”. En *Network Security*, 6, pp. 5-8, 2017.
- Silva, J. P. V., Carvalho, P. & Lima, S. R.: “Characterisation of Unsolicited Traffic Advertisements in Mobile Devices”. Paper presented at the 2020 International

- Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), 2020.
- Sinha, A. K. & Tripathy, S.: *CookieArmor: Safeguarding against cross-site request forgery and session hijacking*. Security and Privacy, e60, 2019.
- Sokolov, S., Gaskarov, V., Knysh, T. & Sagitova, A.: *IoT Security, Threats, Risks, Attacks*, Singapore, 2021.
- Stallings, W. & Brown, L.: *Computer Security: Principles and Practice*, 4 ed., Pearson, New York, 2018.
- Statista: *Smartphones-Statistics & Fa*, 2021. Disponible en: <https://bit.ly/3veeijW>
- Stellios, I., Kotzanikolaou, P., Psarakis, M., Alcaraz, C. & Lopez, J.: "A Survey of IoT-Enabled Cyberattacks: Assessing Attack Paths to Critical Infrastructures and Services". En *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20(4), pp. 3453-3495, 2018.
- Stock, A. V. D., Glas, B., Smithline, N. & Gigler, T.: OWASP Top 10 2017. *The Ten Most Critical Web Application Security Risks*, The OWASP Foundation, EE. UU., 2017.
- Su, D., Liu, J., Wang, X. & Wang, W.: "Detecting Android Locker-Ransomware on Chinese Social Networks". En *IEEE Access*, 7, pp. 20381-20393, 2019.
- Suarez-Tangil, G., Dash, S. K., Ahmadi, M., Kinder, J., Giacinto, G. & Cavallaro, L.: "DroidSieve: Fast and Accurate Classification of Obfuscated Android Malware". Paper presented at the Proceedings of the Seventh ACM on Conference on Data and Application Security and Privacy, Scottsdale, Arizona, USA, 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/3029806.3029825>
- Tabrizchi, H. & Kuchaki Rafsanjani, M.: "A survey on security challenges in cloud computing: issues, threats, and solutions". *The Journal of Supercomputing*, 76(12), pp. 9493-9532, 2020. Disponible en: <https://doi:10.1007/s11227-020-03213-1>
- Talal, M., Zaidan, A. A., Zaidan, B. B., Albahri, O. S., Alsalem, M. A., Albahri, A. S. & Alaa, M.: "Comprehensive review and analysis of anti-malware apps for smartphones". *Telecommunication Systems*, 72(2), pp. 285-337, 2019. Disponible en: <https://doi:10.1007/s11235-019-00575-7>
- Telesur: Apagón en Venezuela: ¿Cómo ocurrió el ataque cibernético?, 2019. Disponible en: <https://www.telesurtv.net/news/venezuela-investiga-ciberataque-sistema-electrico-20190312-0032.html>
- Touseef, P., Alam, K. A., Jamil, A., Tauseef, H., Ajmal, S., Asif, R. & Mustafa, S.: "Analysis of Automated Web Application Security Vulnerabilities Testing".

- Proceedings of the 3rd International Conference on Future Networks and Distributed Systems, pp. 1-8, ACM, Nueva York, 2019.
- Viloria, A., Alberto, N. & Cabarcas, C. A. J.: *Bots, Internet of Things and Threats to Personal Data in the Technological Era*, Singapore, 2021.
- Von Solms, R. & Van Niekerk, J.: “From information security to cyber security”. *Computers & Security*, 38, pp. 97-102, 2013. Disponible en: <https://doi:10.1016/j.cose.2013.04.004>
- Wang, C., Wang, Y., Chen, Y., Liu, H. & Liu, J.: “User authentication on mobile devices: Approaches, threats and trends”. *Computer Networks*, 170, pp. 107-118, 2020. Disponible en: <https://doi:10.1016/j.comnet.2020.107118>
- Willing, M., Dresen, C., Haverkamp, U. & Schinzel, S.: “Analyzing medical device connectivity and its effect on cyber security in german hospitals”. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 20(1), p. 246, 2020. Disponible en: <https://doi:10.1186/s12911-020-01259-y>
- Yousefnezhad, N., Malhi, A. & Främling, K.: “Security in product lifecycle of IoT devices: A survey”. *Journal of Network and Computer Applications*, 171, 102779, 2020. Disponible en: <https://doi:10.1016/j.jnca.2020.102779>.









9789597265429