

# Tecnologías 4.0 en el sector sanitario: impulsar el cambio y gestionar expectativas

## Miguel Delgado Prieto

Profesor e investigador en  
Universitat Politècnica de Catalunya

Departamento de Ingeniería de Sistemas,  
Automática e Informática Industrial

Grupo de investigación MCIA *Innovation Electronics*



Las tecnologías 4.0, o tecnologías de la cuarta revolución industrial, se presentan como tecnologías habilitadoras para ofrecer soluciones a algunos de los objetivos y retos específicos de la industria sanitaria. Entre ellos, la eficiencia de los procedimientos de suministro y distribución, el acceso de la población a los servicios digitales, la reducción de costes de asistencia médica o la personalización de los tratamientos, así también como la implantación de procedimientos de monitorización y asistencia en domicilio, en especial, debido al envejecimiento de la población. Es por eso que en los últimos años estas tecnologías han despertado un gran interés por parte de las administraciones y la sociedad en general y de los profesionales y usuarios del sector sanitario en particular.

Las tecnologías 4.0 están teniendo un impacto y una fuerte expansión en el sector industrial. Es precisamente a partir de experiencias y casos efectivos de integración que estas tecnologías están colonizando otros sectores. En todo caso, la motivación y el objetivo fundamental siempre es común: aumentar la eficiencia y la

sostenibilidad en la ejecución de los procesos operativos. Eficiencia y sostenibilidad en términos de costes, optimización de recursos, tiempos o calidad del producto/servicio, entre otros. Bajo este concepto, y con las tecnologías transversales al sector de aplicación, se llega a lo que se denomina “salud digital” o “e-salud”, que, aun con diferencias de aplicación –la primera se focaliza en tratamientos del paciente, mientras que la segunda se focaliza en tratamientos de la información–, están siendo ambas incluidas en las agendas de transformación y gestión del sector sanitario.

A pesar de la gran cantidad de iniciativas que se han llevado a cabo y que se siguen desarrollando en salud digital y/o e-salud<sup>1</sup>, cabe tener en cuenta que existe una proporción significativa de propuestas que no alcanzan la fase final de integración efectiva en los procedimientos correspondientes. El motivo, sobre todo respecto a aquellas iniciativas que tienen como objetivo la introducción de capacidades digitales en procedimientos o activos ya existentes, es multifactorial –incluyendo aspectos de planificación y/o gestión del propio proyec-



Ciclo de sobreexpectación de Gartner. De: IOTpreneur / Wikipedia / CC By-SA 4.0

to-, pero es importante destacar que, de manera cada vez más extendida, la percepción del “fracaso tecnológico” se debe a una inadecuada gestión de expectativas que se traslada al sector<sup>2</sup>.

La realidad es que uno de los riesgos más comunes en los procesos de implementación de proyectos digitales en el sector sanitario es el excesivo foco en la tecnología (su diseño, desarrollo y validación), combinado con una escasa atención a la aceptación del usuario, que es quién representa el verdadero reto hacia la implementación efectiva<sup>3</sup>. Sin embargo, es importante tener en cuenta que una gran parte de las iniciativas tecnológicas no alcanzan un estado de maduración suficiente como para abordar su fase de implementación. La percepción del “fracaso tecnológico” respecto a estas iniciativas tiene que ver, principalmente, con las expectativas sintéticamente impuestas, y que muy poco tienen que ver con los propios procesos de exploración e implementación de tecnología.

En este sentido, es importante diferenciar lo que podríamos denominar “profesionalización del cambio”, entendido como el proceso de desarrollo de tecnologías y proyectos tecnológicos que tengan como finalidad integrarse en procedimientos y/o protocolos esta-

blecidos, de lo que podríamos llamar la “exploración del cambio”, en el sentido de las iniciativas de estudio, análisis y demostración respecto a la aplicación de cierta tecnología en un sector concreto. Es justamente esta categoría de “exploración” la que ya tiene per se un alto potencial para transmitir esa percepción de “fracaso”, ya que por definición se trata de iniciativas científico-tecnológicas soportadas por los principios básicos de “prueba-error” y “aprender haciendo”.

En este sentido, es común entre tecnólogos la referencia al ciclo de sobreexpectación de las tecnologías que tiene su origen en la clásica ley de Amara, que apunta a “la tendencia natural de sobreestimar el efecto de una tecnología a corto plazo y subestimar su efecto a largo plazo”<sup>4</sup>. Ligado a esta idea, existe lo que se conoce como curva del ciclo de sobreexpectación de las tecnologías, que es un gráfico expectativas-tiempo donde se muestran siempre las mismas cinco fases por las que pasa una tecnología respecto a un sector o campo particular. Estas fases son: 1) el lanzamiento tecnológico, 2) el pico de expectativas (sobredimensionadas), 3) el abismo de desilusión, 4) la pendiente de iluminación (ligera recuperación) y, finalmente, 5) la meseta de productividad. Como la curva es siempre la misma, y las fases siempre son cinco, la particularidad de cada consideración tec-

nológica está en el tiempo que se estima que necesite para pasar de la fase inicial de lanzamiento hasta la deseada última fase de productividad. De esta manera, aunque existen consultoras especializadas para el análisis de estas estimaciones<sup>5</sup>, los rangos temporales responden a una mezcla de métricas cuantitativas y cualitativas que pretenden servir de arbitraje respecto a la gestión de expectativas en el ámbito tecnológico.

Así, a modo de ejemplo, se podría considerar que en los últimos años la robótica asistencial aplicada al sector salud está transitando su etapa de “desilusión” (no parece que se materialicen las expectativas originales de aplicación masiva en viviendas y residencias). Sin embargo, se estima que en el próximo período de cinco años alcanzará su etapa de “productividad” en ciertos nichos de aplicación. Es decir, no alcanzará las (sobre) expectativas iniciales, pero se habrán identificado ciertos contextos de aplicación para los que la tecnología acaba siendo efectiva, eficiente y aceptada por los usuarios. Otro ejemplo podría ser el caso del asesoramiento de diagnóstico de salud mediante inteligencia artificial, que se considera actualmente en una fase de “pico de expectativas”, estimándose que faltan más de 10 años para alcanzar la fase de “productividad”<sup>6</sup>.

---

Así, a modo de ejemplo,  
se podría considerar  
que en los últimos años  
la robótica asistencial  
aplicada al sector salud  
está transitando su etapa  
de “desilusión”

---

## Las tecnologías de la industria 4.0

---

De manera particular en el sector industrial, pero aplicable al resto de sectores donde se está explorando el uso de las tecnologías 4.0, los procedimientos operativos de producción han estado clásicamente “desconectados” de los procedimientos de gestión y tratamiento de la información<sup>7</sup>. Esta “desconexión” implica la existencia de dos “mundos” que se intercambian indicaciones y métricas de rendimiento, pero de manera puntual y/o por canales poco ágiles.

## Tecnologías transversales

Uno de los aspectos más interesantes de esta revolución tecnológica es que las tecnologías que se están considerando son, en gran medida, transversales al sector de aplicación y, por lo tanto, las posibilidades de incorporarlas para la mejora de servicios o productos existentes o creación de nuevos son incuantificables. Este es, justamente, el motivo por el que aparecen tal cantidad de iniciativas que pretenden integrar o explorar el uso de ciertas tecnologías para diferentes campos de aplicación.

Algunas de las tecnologías son propias del sector, como la nutrigenómica (p. ej., para una caracterización exhaustiva del paciente) o la biología sintética (p. ej., para la producción de medicamentos). Sin embargo, las tecnologías 4.0 tienen un carácter transversal desde el punto de vista de su potencial de aplicación a diferentes sectores como, por ejemplo, la robótica colaborativa (p. ej., para la asistencia en intervenciones quirúrgicas), el Internet de las cosas (IoT) y los dispositivos inalámbricos (p. ej., para monitorización remota), la inteligencia artificial (IA; p. ej., para el análisis de datos) o la impresión 3D (p. ej., para la fabricación aditiva en ortopedia), entre otras.

Una de las tecnologías más transversales, y que tiene un gran potencial de uso, es la IA, ya que tiene que ver con las capacidades de aprendizaje sintético a partir de unos datos o reglas para ofrecer conclusiones que permiten la toma de decisiones de manera automatizada o asistida respecto a escenarios o situaciones ligeramente distintas a las utilizados como conocimiento inicial durante la etapa de aprendizaje.

Podríamos considerar en el sector sanitario, por un lado, la estructura de operación (p. ej., actividad asistencial en general, atención al usuario, uso de instrumentación médica, etc.) y, por otro lado, la estructura de gestión de la información (p. ej., planificación, gestión de recursos, definición y modificación de protocolos, tratamiento de datos, etc.). En este sentido, la motivación original de esta cuarta revolución tecnológica es que estas dos dimensiones funcionen intercambiando información de manera continua como si de una sola estructura se tratase, aumentando así las capacidades de reacción y adaptación a necesidades sobrevenidas, de eficiencia de la operación y de acceso a la información para una toma de decisiones óptima.





Foto de Tara Winstead en Pexels.

Tecnológicamente hablando, la materialización de esta unión se realiza a través del desarrollo de tres pasos que permiten habilitar el denominado concepto de sistemas ciber-físicos: primero, la captura de datos desde el entorno de operación para su registro digital (conexión desde la dimensión “física” hacia la “cibernética”); segundo, el tratamiento de esta información en el entorno digital, y tercero, el retorno de la información o servicios resultantes al entorno de operación (conexión desde la dimensión “cibernética” hacia la “física”). Es precisamente a través de la consideración de alguna o varias de las tecnologías 4.0 disponibles, y su incorporación en arquitecturas ciber-físicas como la mencionada, lo que da lugar a una infinita posibilidad de aplicaciones, servicios y productos en la era de la cuarta revolución tecnológica.

## La curva de gestión de expectativas de la IA aplicada

---

En relación con la IA, por ejemplo, se está investigando mucho sobre su aplicación a los procesos de análisis de pruebas y determinación de diagnósticos que, a través de la captura e interpretación de un conjunto de pará-

metros (informes, pruebas médicas, etc.), permita alcanzar conclusiones diagnósticas para patologías específicas<sup>8</sup>. La IA también está brindando aplicaciones muy interesantes, ya que, por medio de patrones de comportamiento, puede utilizarse en entornos públicos para prevenir eventos fatales como accidentes o suicidios<sup>9</sup>. En general, el uso de IA como tecnología habilitadora para la interpretación de datos se encuentra en la anteriormente mencionada etapa de “pico de expectativas”.

Se puede destacar también la aplicación combinada de IA con la robótica colaborativa y aplicada a su faceta asistencial, en especial hacia personas mayores en viviendas o residencias, que se estima que se encuentra actualmente en la ya mencionada fase de “desilusión” de la curva de sobreexpectativas tecnológicas aplicada al sector salud. Las expectativas originales respecto a un despliegue masivo de robots asistenciales están derivando hacia dispositivos electrónicos para recordar tratamientos, los medicamentos que deben administrarse o los horarios asociados<sup>10</sup>.

Otro ejemplo claro de campo de aplicación sería la IA en colaboración con la IoT. Aunque se valora que, actualmente, en las expectativas tecnológicas están también en la mencionada fase de “desilusión”, esto es debido principalmente a la deriva que ha tenido en su aplicación comercial a través de relojes inteligentes. Sin embargo, la tecnología se está explorando para su uso en pacientes específicos con patologías cardiovasculares, endocrinas o trastornos de salud mental, por citar algunas<sup>11</sup>, que apuntan a una eventual fase de “productividad” de la tecnología con un mayor impacto terapéutico.

Como último ejemplo, la IA asociada a la realidad virtual (RV) y a la realidad aumentada (RA) está en una etapa de “exploración inicial”. La RA permite, a través de un dispositivo digital (móvil, tableta...), visualizar una superposición de información al entorno real que se está enfocando, con posibilidades de habilitar interactivamente el acceso a información o documentación (como las historias clínicas de pacientes). La RV, por su parte, requiere de una inmersión a través de gafas que desconectan de su entorno a la persona y permiten proyectarla en una serie de contextos, eventos o situaciones controladas que pueden usarse en un amplio abanico de aplicaciones (ocio, cultura...). Dentro de las aplicaciones médicas, la RV se está explorando en simulaciones que permiten trasladar a pacientes a situaciones concretas para tratamientos o incluso como herramienta de relajación en ciertas situaciones (p. ej., pruebas médicas,

espacios cerrados, muchedumbres, etc.). De esta manera, se posibilita exponer gradualmente y dentro de un entorno controlado a los pacientes a una situación concreta. También se está explorando para formación de los propios profesionales, para introducirlos en un escenario concreto de práctica (como procesos quirúrgicos, manipulación de instrumental, etc.). En general, una tecnología y unos campos de aplicación que, sin duda, están despertando un gran interés en salud mental y que ofrecen nuevas herramientas para las terapias de las fobias especialmente.

auguran novedosas implementaciones, ya que no solo se estima que tendrá impacto en la monitorización y eficiencia de los tratamientos, sino porque representa una tecnología que permitirá impulsar el cambio de paradigma en las dinámicas de relación del paciente con el sistema sanitario. Será el propio usuario el que genere información continua y valiosa para el profesional (o sistema de IA autónomo), que podrá tomar decisiones optimizadas respecto las necesidades de interacción con el paciente y, en consecuencia, optimizar la correspondiente carga asistencial del sistema.

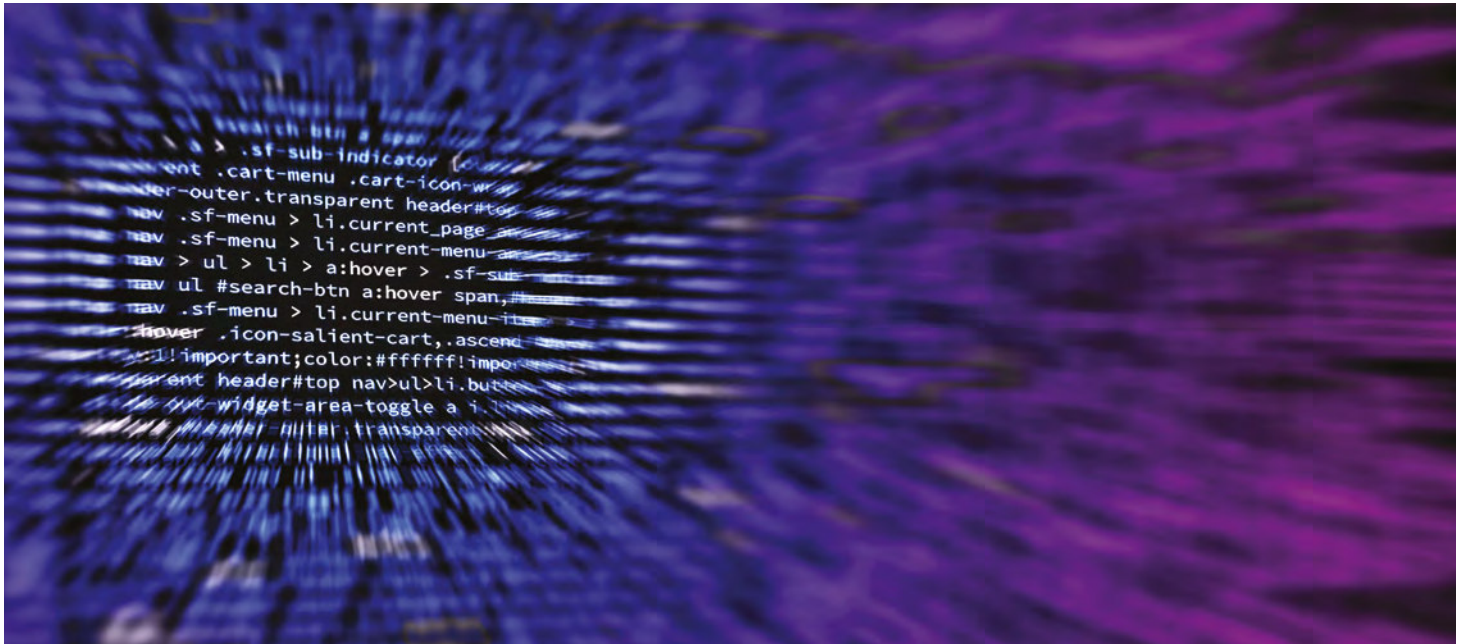


Foto de Negative Space en Pexels.

## Las líneas que tienen más expectativas de implementación

---

La aplicación de tecnologías hacia la monitorización y réplica de procedimientos o tratamientos en residencias, como las iniciativas asistenciales en virtual y en remoto, representan una de las grandes líneas de interés en la aplicación de tecnologías 4.0 hacia un cambio de paradigma en unos sistemas de salud cada vez más tensionados y con una demanda en aumento. En este sentido, la aplicación de robótica específica que pueda ayudar a las personas a ser más autónomas en su día a día, incluyendo tecnologías de instrumentación, monitorización y comunicación, está también destacando como una de las tendencias futuras de desarrollo técnico-científico. En definitiva, tecnologías que permitan un plus en la calidad de vida y trasladen parte de la actividad asistencial fuera de centros sanitarios.

En esta misma línea, y tal como se ha comentado anteriormente, los actuales avances en IoT para salud

Por último, es interesante destacar aquellas iniciativas focalizadas en la optimización de los procesos de gestión, planificación o distribución a través del uso de diferentes tecnologías 4.0, como por ejemplo la IA y los gemelos digitales, que están siendo explorados, en particular, para la optimización de uso de infraestructura y zonas críticas como urgencias o salas polivalentes de centros sanitarios. Iniciativas que, por ejemplo, permiten predecir los recursos necesarios para responder a escenarios específicos de demanda asistencial (p. ej., en una “ola de gripe”). Una herramienta, sin duda, muy útil para los gestores de los hospitales, ya que podrán determinar las cargas asistenciales con menor margen de error y cómo gestionar su infraestructura para no llegar a la saturación.

## La necesidad de iniciativas de “exploración” tecnológica

---

La motivación y el objetivo de las anteriormente mencionadas iniciativas de “exploración” tecnológica son generar conocimiento respecto el comportamiento,

las capacidades o la adecuación de una tecnología aplicada a una problemática o a un campo de aplicación específico. No se tiene como objetivo terminar en una comercialización o integración efectiva de los productos o servicios desarrollados. Simplemente, se trata de pura experimentación, y es absolutamente necesaria, ya que es la única forma que existe para la generación de conocimiento. En este sentido, muchas de las iniciativas que consumen importantes cantidades de recursos (privados, pero también públicos) no tienen un impacto masivo de productividad en el sector, pero sí acaban teniéndolo en procedimientos o servicios particulares.

---

En este sentido, muchas de las iniciativas que consumen importantes cantidades de recursos (privados, pero también públicos) no tienen un impacto masivo de productividad en el sector, pero sí acaban teniéndolo en procedimientos o servicios particulares.

---

Por otro lado, y de manera general, las iniciativas tecnológicas, para que tengan éxito, han de poner el foco en el servicio y en la persona. El diseño ha de tener en cuenta cuáles van a ser los procedimientos y las necesidades de formación digital de los usuarios. Es necesario tener en cuenta su conocimiento y qué barreras tendrán para su manipulación y aceptación, evitando así descartes tecnológicos por una experiencia negativa en su uso. Es clave también, para dar fiabilidad y promover su aceptación, que los desarrollos tecnológicos eviten sesgos de utilización, y es por ello que es muy importante que en los procesos de diseño se integren a los usuarios para valorar qué es lo que se espera de la tecnología.

En definitiva, es la tecnología la que se ha de adaptar a las personas, y no al revés. Hay un futuro excitante para el sector con la incorporación de tecnologías 4.0,

que tenemos que estar dispuestos a impulsar, y hacerlo bajo unas expectativas coherentes y una demanda activa de integración de las personas durante el proceso de diseño e implementación.

## Referencias bibliográficas:

---

- 1 Secretaría General de Salud Digital, Información e Innovación para el SNS (2021). Estrategia de Salud Digital. Sistema Nacional de Salud. Recuperado el 1 de octubre de 2022, de [https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/pdf/Estrategia\\_de\\_Salud\\_Digital\\_del\\_SNS.pdf](https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/pdf/Estrategia_de_Salud_Digital_del_SNS.pdf)
- 2 Kho, J., Gillespie, N., & Martin-Khan, M. (2020). A systematic scoping review of change management practices used for telemedicine service implementations. *BMC Health Services Research*, 20(1), 815. <https://doi.org/10.1186/s12913-020-05657-w>
- 3 Cos, J. (2022) ¿Cómo implementar proyectos de salud digital e innovación en un hospital terciario? Recuperado el 1 de octubre de 2022, de <https://blogs.uoc.edu/cienciasdelasalud/implementar-proyectos-salud-digital/>
- 4 <https://web.archive.org/web/20180410135130/https://spotlessdata.com/blog/amaras-law>
- 5 <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>
- 6 Hype Cycle Of The Top 50 Emerging Digital Health Trends By The Medical Futurist The Medical Futurist. (2022). Recuperado el 1 de octubre de 2022, de <https://medicalfuturist.com/healthcare-trends-hype-cycle/>
- 7 Blanco, R., Fontrodona J, Poveda C. (2017) La industria 4.0: El estado de la cuestión. *Economía Industrial*, 406, 151-164.
- 8 Arenas, G. (2022). Inteligencia artificial al servicio de la medicina: así ayuda a conseguir diagnósticos más certeros. Recuperado el 1 de octubre de 2022, de <https://elpais.com/sociedad/siempre-innovando/2021-09-10/inteligencia-artificial-al-servicio-de-la-medicina-asi-ayuda-a-conseguir-diagnosticos-mas-certeros.html>
- 9 Davins, M. (2022) Transformación digital e Inteligencia Artificial. *BRAINS The Business, Research, Ageing, Innovation, Neurosciences and Social Journal*, 1(2), 33-38.
- 10 Colell, E. (2022). Misty, el robot que hace compañía a personas mayores que viven solas. Recuperado el 1 de octubre de 2022, de <https://www.elperiodico.com/es/barcelona/20210222/robots-compania-11536432>
- 11 <https://ordr.net/>

Contacta con nosotros para cualquier pregunta:

**brains@clustersalutmental.com**

Para contactar directamente con el autor:

**Miguel Delgado Prieto - miguel.delgado@upc.edu**