

# La Robótica al Servicio de la Pandemia



**MESA PÚBLICO PRIVADA DE ROBÓTICA DEL GRUPO INTERPARLAMENTARIO  
CHILENO JAPONÉS**

**Presidente**

Diputado Issa Kort Garriga

**UNIVERSIDAD DE O'HIGGINS (UOH)**

**Rector**

Rafael Correa

**BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE (BCN)**

**Director**

Alfonso Pérez Guíñez

**Director Adjunto**

Felipe Vicencio Eyzaguirre

**Editora responsable**

Sofía Calvo Foxley

**Autores**

Pablo Alfessi / Demián Arancibia / Carlos Ávila / Blanca Bórquez / Ulises Campodónico  
Víctor Contreras / Jacinta Girardi / Natalia González / José A. Guridi  
Gloria Henríquez / Nicolás Marticorena / Matías Mattamala / Pablo Morales  
Giovanni Pais / Mauricio Phelan / Rodrigo Quevedo / Bartolomé Rodillo / Carmina  
Rodríguez / Javier Ruiz del Solar / Rodrigo Salas / Mauricio Salazar / Javier Urrutia  
Verónica Vargas-Araya / Rodrigo Verschae

**Diagramación y Diseño**

Cecilia Cortínez Merino

**© BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE**

Registro de Propiedad Intelectual Inscripción: 2020-A-8840

ISBN: 978-956-7629-50-3

Primera edición digital. Noviembre de 2020

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile

Edificio del Congreso Nacional, Victoria s/n, Valparaíso, Chile

Imagen de portada: Robot Eva en Hospital Padre Hurtado

# Índice

<b>Presentación</b>	
Diputado Issa Kort .....	5
<b>Introducción</b> .....	7
I.CONTEXTO ROBÓTICA Y PANDEMIA.....	11
<b>La robótica: Una oportunidad que no podemos dejar pasar</b> .....	13
Rodrigo Verschae	
<b>Cooperación Humano Robot: Mejorando la calidad de vida de las personas</b> .....	17
Javier Ruiz del Solar	
<b>Efectos e impacto de la aceleración de brechas tecnológicas en situación de catástrofes y pandemia. Caso robótica y Covid-19 en Chile</b> .....	25
Rodrigo Quevedo Silva	
<b>Fuerza de Trabajo Digital al Servicio de la Pandemia, ¿Cómo los robots de Software pueden ayudarnos en esta lucha?</b> .....	33
Bartolomé Rodillo Pérez	
II.CAPACIDADES INSTALADAS O CON POTENCIAL DE INSTALACIÓN EN CHILE PARA EL COMBATE DE UNA PANDEMIA DESDE LA ROBÓTICA.....	39
<b>Capacidad instalada, nodos colaborativos y comunicación en el ecosistema chileno impactado por Covid19</b> .....	41
Rodrigo Quevedo Silva	
<b>¿Se puede aplicar la robótica industrial como solución de problemas de salud en un contexto de pandemia?</b> .....	47
Gloria Milena Henríquez Díaz	
<b>Robótica Aplicada a la Teleasistencia Emocional de Pacientes en Aislamiento con SARS-CoV-2</b> .....	53
Verónica Vargas-Araya, Mauricio Salazar, Javier Ruiz del Solar, Ulises Campodónico, Nicolás Marticorena, Giovanni Pais, Rodrigo Salas, Pablo Alfessi, Víctor Contreras, Javier Urrutia	
<b>La promesa de los robots en los tiempos del Covid-19: Desafíos y oportunidades para Chile</b> .....	61
Matías Mattamala	
III. EXPERIENCIA INTERNACIONAL EN ROBÓTICA Y SALUD.....	69
<b>El rol de la robótica en el combate del Covid-19</b> .....	71
Pablo Morales Estay	
IV. EDUCACIÓN Y ROBÓTICA EN CONTEXTO DE PANDEMIA.....	79
<b>Japón y la robótica en educación, una mirada en tiempos de pandemia</b> .....	81
Mauricio Phelan Martínez	
V. ÉTICA DE LA ROBÓTICA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA).....	89
<b>Inteligencia artificial, ética y participación ciudadana</b> .....	91
Demián Arancibia, Carlos Ávila, Jacinta Girardi, Natalia González, José A. Guridi	
VI. DESAFÍOS ÉTICOS DE LA ROBÓTICA EN EL ÁMBITO DE LA PANDEMIA.....	99
<b>La robótica social en pandemia: Los desafíos éticos de un nuevo medio de comunicación y cómo aprovechar sus potencialidades</b> .....	101
Carmina Rodríguez Hidalgo	
VII. DESAFÍOS LEGISLATIVOS EN TORNO A LA ROBÓTICA EN CONTEXTO DE PANDEMIA Y POST PANDEMIA.....	109
<b>Bioética, Derecho y Robótica: Desafíos legislativos evidenciados por la pandemia</b> .....	111
Blanca Bórquez Polloni	



# Presentación

**Diputado Issa Kort**, presidente del Grupo Interparlamentario Chileno Japonés y de la Mesa Pública Privada de Robótica

La velocidad impredecible de los cambios de la llamada 4ª Revolución Industrial ha posicionado a la robótica como una de las soluciones a los grandes problemas que vivimos, tanto los países desarrollados como en vías de desarrollo.

No obstante aquello, nunca imaginé que dos años después de citar -en mi calidad de presidente del Grupo Interparlamentario Chileno Japonés de la Cámara de Diputadas y Diputados-, a la 1ª Mesa Pública Privada de Robótica en junio de 2018, estaríamos enfrentando un escenario de gran incertidumbre como consecuencia de la pandemia del Covid-19, y que la robótica sería una facilitadora de las respuestas.

La Mesa Robótica surgió como un compromiso desde nuestro rol legislativo, pero fijando el foco en un futuro cercano, abordado con interés y responsabilidad en la generación de oportunidades de aprendizaje, construcción de sinergias y, especialmente, elaboración de políticas públicas vanguardistas y no reactivas o atrasadas.

Nuestra Mesa de Robótica es una propuesta que hacemos en conjunto con la Embajada de Japón en Chile, el Programa Asia Pacífico de la Biblioteca del Congreso y la Universidad de O'Higgins. Creo oportuno dejar testimonio y agradecer la inmediata voluntad y compromiso por parte del Excelentísimo Señor Embajador de Japón, don Yoshinobu Hiraishi y del Rector de la Universidad, don Rafael Correa Fontecilla. También es justo y necesario reconocer el trabajo y compromiso de Sofía Calvo, en representación de la Biblioteca del Congreso Nacional.

Desde el comienzo, quisimos realizar un diagnóstico del ecosistema de robótica nacional y relevar la experiencia de Japón en esta materia. A partir de nuestra primera sesión, nos encontramos con un notable interés y rica diversidad en quienes aceptaron nuestra convocatoria, con los que en conjunto, exploramos el impacto de la robótica en la productividad y el empleo. Se han realizado cinco nuevos encuentros, en los que hemos podido reflexionar con un grupo de integrantes permanentes y algunos invitados, cómo la robótica está transformando áreas como la minería, educación, servicios y la salud.

De hecho, la pandemia nos impulsó a desarrollar la primera mesa telemática de robótica en mayo 2020, en la que analizamos los desafíos éticos y legislativos, que han surgido en el ámbito de la robótica debido a la emergencia sanitaria.

Bajo la intención de aprender y lograr una aproximación, que nos permitiera lograr un impacto en el trabajo legislativo o en alguna política pública, 25 especialistas fueron parte de una jornada que contó con presentaciones y debate, en la que reafirmamos lo fundamental que es reflexionar no solamente de los aspectos tecnológicos sino también éticos.

Ello entendiéndolo que la ética es un comportamiento individual, que termina siendo colectivo e impactando a la sociedad en su conjunto. Por eso quisimos ampliar la conversación surgida en la sexta sesión y desarrollar una publicación que reuniera la mirada de expertas y expertos, que ven en la robótica y la inteligencia artificial, uno de los caminos para enfrentar los grandes dilemas de esta década.

Espero que este texto no solo logre acercar este nuevo paradigma de sociedad a la ciudadanía, sino también a través de su lectura, comprendan que tiene un rol central en esta discusión.



# Introducción

Con miras a generar una discusión comparada sobre la experiencia de Japón en el ámbito de la robótica, el Grupo Interparlamentario Chileno Japonés, en conjunto con la Universidad de O'Higgins (UOH), y el Programa Asia Pacífico de la Biblioteca del Congreso Nacional (BCN), más el patrocinio de la Embajada de Japón en Chile, desarrollaron la primera mesa de conversación sobre robótica, el 15 de junio de 2018, hoy conocida como "Mesa Público Privada de Robótica".

En la cita participaron personas ligadas al sector público, empresarial, academia, y asociaciones gremiales, quienes analizaron el impacto de la robótica en la productividad y el empleo.

El éxito de esta convocatoria, los motivó a continuar trabajando de cara a producir sinergias entre estos sectores; así también generar interacciones entre las experiencias japonesas en robótica y las propuestas chilenas.

Luego de más de dos años de funcionamiento, se han realizado seis sesiones relativas al impacto de la robótica en diversos campos como la minería -la que contó con la visita al Centro Integrado de Operaciones (CIO) de Rancagua-, la educación, los servicios, la Inteligencia Artificial y la emergencia sanitaria<sup>1</sup>.

En este último ámbito, se analizaron los desafíos éticos y legislativos, que han surgido dentro de la robótica debido a la emergencia sanitaria derivada del Covid-19, constituyéndose

se además, en la primera sesión telemática de la "Mesa", realizada el 29 de mayo de 2020.

Como una manera de ampliar el alcance dicho debate, y entendiendo que el contexto de la pandemia representa una oportunidad para abrir la reflexión acerca del aporte de la robótica en esta nueva realidad, se abrió una convocatoria entre los participantes de la sexta sesión con el fin de crear una publicación online, cuyo objetivo principal es difundir entre la comunidad parlamentaria y la ciudadanía, cuáles son los desafíos éticos y legislativos que supone el desarrollo de la robótica, tanto en el contexto de pandemia como en el periodo post pandemia.

Asimismo, se buscó fomentar el acercamiento de la escena nacional de robótica a estos públicos y promover una discusión legislativa en torno a la robótica y sus desafíos éticos.

La convocatoria -que se abrió el 15 de junio y se cerró el 31 de julio- reunió el trabajo de 24 especialistas en diversas áreas del saber, quienes escribieron 13 textos, que a través de un lenguaje cercano y didáctico, abordaron siete ámbitos que permiten comprender de una manera holística el contexto; las capacidades instaladas o con potencial de instalación en Chile para el combate de una pandemia desde la robótica; la experiencia asiática en este ámbito; el rol de la robótica en la educación en tiempos de Covid-19; la ética de la Inteligencia Artificial; los desafíos éticos de la robótica social; y los desafíos legislativos en torno a la bioética, el derecho y la robótica.

<sup>1</sup> Las discusiones y comentarios de las sesiones se pueden revisar en la lista de reproducción de la Mesa de Robótica dentro del canal de la Biblioteca del Congreso Nacional en YouTube. En: <http://bcn.cl/2bwfe>

Cada uno de ellos, a su vez, entregan referencias y/o cuadros explicativos que permiten profundizar los puntos planteados y confirman la calidad de los y las profesionales, que han apostado por la robótica como una herramienta para la lucha, no solo de la actual emergencia sanitaria, sino de las futuras que puedan surgir.

Además revela cómo se han acelerado los procesos de automatización y robotización, que veíamos como lejanos, e insiste en la necesidad de potenciar la colaboración y asociatividad público-privada-academia desplegada producto de la contingencia; así también como de inyectar con mayores recursos la investigación y desarrollo de estas materias estratégicas para el desarrollo del país, en un contexto de incertidumbre permanente.

“La robótica al servicio de la pandemia: desafíos éticos”, se posiciona como una herramienta que abre nuevas conversaciones y que motiva a la ciudadanía a no quedarse afuera de esta importante discusión cimentada en la ética, y cuyo eje legislativo no puede ser ignorado.







CONTEXTO  
ROBÓTICA Y  
**PANDEMIA**



# La robótica: una oportunidad que no podemos dejar pasar

Por: **Rodrigo Verschae**<sup>2</sup>

Muchas transformaciones tecnológicas han ocurrido a través de la historia, y mientras estas suceden es difícil dimensionar el impacto que tendrán, pero luego de un tiempo son parte de la vida diaria y nos parecen naturales. Hace más de 100 años tuvimos la invención del sistema eléctrico y del automóvil, hace más de 50 años los computadores, y más recientemente Internet. Todas estas tecnologías han modificado nuestra sociedad de múltiples maneras, desde su impacto en el transporte, el comercio, y el cómo nos comunicamos y relacionamos, hasta su impacto en la educación, las relaciones de poder y el uso del tiempo libre. El ejemplo más reciente, Internet, todavía sigue cambiando prácticamente todos los aspectos de nuestras vidas.

Estas transformaciones se deben a cambios tecnológicos, que muchas veces se producen impulsados por cambios sociales, desas-

tres naturales o conflictos entre países. Un ejemplo bien conocido es el gran impulso que se generó debido a la llegada del hombre a la Luna, donde la tecnología desarrollada para esa gran empresa fue la base para el desarrollo de Silicon Valley, proyecto impulsado por la confrontación global de dos países.

El Covid-19 ya está generando cambios importantes y aún no sabemos cuál será su impacto en el desarrollo tecnológico, pero es muy probable que además de cambios sociales, también resulte en la creación nuevo conocimiento en áreas en las que se ha intensificado la investigación aplicada, así como también traiga de la mano un impulso a la innovación y al desarrollo en muchos sectores de la sociedad y economía, dado el alcance global de los efectos de la pandemia.

Si miramos el caso de la robótica, desde antes de que el Covid-19 nos afectará, ya estábamos viviendo el comienzo de una nueva transformación impulsada por avances recientes muy importantes en inteligencia artificial y ciencia de datos, así como en hardware especializado, todas tecnologías que nos hacen vislumbrar cambios muy importantes en robótica en el corto y mediano plazo.

Más aún, en los últimos años la robótica ya ha empezado a salir de las fábricas, con robots de servicio (robots no-industriales) siendo usados en aplicaciones cada vez más cercanas. En países como Japón es común que un robot nos reciba en una tienda y nos provea información, y ya hay robots que participan en obras

---

<sup>2</sup> Doctor en Ingeniería Eléctrica, director del Instituto de Ciencias de la Ingeniería, Universidad de O'Higgins, director del proyecto PAR Explora para la región de O'Higgins, e investigador asociado del Centro de Modelado Matemático, Universidad de Chile.

de teatro, como tuvimos la suerte de presenciar en Chile hace pocos años. Sin ir más lejos, en Chile ya es posible comprar, al costo de un televisor, un robot que nos ayuda a limpiar el piso en nuestras casas, y algunas empresas ya usan robots para aumentar la seguridad y automatizar procesos.

A nivel mundial, actualmente se desarrollan robots en múltiples ámbitos, tales como ayudar a personas con limitaciones físicas, apoyar el aprendizaje, realizar tareas en el agro, e intervenciones médicas, entre muchas otras funciones. El desarrollo de robots de servicio solo se seguirá intensificando -se estima que la producción anual de robots de servicio crecerá anualmente hasta un 25% en los próximos 4 años, versus un 16% para robots industriales-, y dentro de un corto plazo algunos de ellos robots serán parte de nuestro día a día.

Algunas empresas que desarrollan robots en áreas tales como servicios de comida, agricultura, logística, salud, etc., posiblemente van a ver acelerada su adopción con la aparición del Covid-19, dado que el uso de los robots puede minimizar la interacción física entre personas, así como la minimizar la manipulación de la comida u otros productos por parte de humanos, reduciendo la probabilidad de contagio y contaminación. Ejemplos de esto son la automatización de la producción de alimentos y el de lavado de vajilla para cafeterías hospitales y universidades, así como robots recepcionistas en el retail, robots que desinfectan en hospitales, y robots sociales domésticos.

Es muy importante destacar que la implementación de estos sistemas robóticos requiere no solo de empresas que los desarrollen y lleven al mercado, si no que además de dos elementos claves: aceptación social, y empresas capaces dar soporte y mantención, y para

esto es primordial personas capacitadas y que comprendan la tecnología y sus implicancias.

Como país podemos ser espectadores, usuarios o desarrolladores de la robótica, y el Covid-19 va probablemente a acelerar su introducción a nivel mundial. El rol que decidamos tomar como país va afectar, no solo nuestras vidas personales y laborales, sino que también el desarrollo futuro del país. Su introducción temprana y estratégica en la industria y nuestra sociedad, y el desarrollo decidido de la robótica y tecnologías afines puede ser un medio potente para transformar nuestra matriz productiva, y así pasar de ser productores de materias primas, a ser también proveedores de servicios y tecnologías avanzadas, incluyendo la robótica. Como sociedad tenemos una oportunidad que no podemos dejar pasar.







# Cooperación Humano Robot: Mejorando la calidad de vida de las personas

Por: **Javier Ruiz del Solar**<sup>3</sup>

Durante los últimos años, ha sido una constante enfrentar opiniones y reflexiones respecto de los robots y su eventual amenaza para los seres humanos, principalmente en el ámbito laboral. El argumento común es que los robots realizarán tareas que son propias de los seres humanos, reemplazándolos y aumentando el desempleo, y que a futuro incluso estas máquinas llegarán a dominarnos.

Sin embargo, la evidencia indica que en aquellos países en los cuales se registra una mayor integración de robots en el sector productivo, se cuentan bajos niveles de desempleo, y que los avances en inteligencia artificial general -la cual permite un desempeño inteligente en múltiples tareas- está lejos de poder ser lograda.

En este sentido, los robots, más que competir con los seres humanos, pueden colaborar

con estos, permitiendo de esta forma que no realicen tareas peligrosas, que se alejen de ambientes adversos (contaminados, con altas temperaturas o de difícil acceso), o que aumente la productividad gracias al trabajo conjunto. Existen múltiples ejemplos de esta colaboración, los cuales van desde la inspección de centrales nucleares contaminadas, como la de Fukushima en Japón, a la utilización de robots autónomos o teleoperados en la minería chilena (por ejemplo, la manipulación de hornos de alta temperatura en fundiciones y la extracción de mineral en minas subterráneas usando cargadores y martillos robotizados).

En el contexto de la actual pandemia vemos en el mundo -y también en Chile- que el uso de robots ha contribuido en la atención de pacientes en estado crítico, reduciendo la probabilidad de contagio del personal de salud, y permitiendo establecer una comunicación constante y segura entre los pacientes y sus familiares, así como entre pacientes y personal de la salud.

Analizaremos detalladamente las nuevas tendencias a nivel mundial en el ámbito de la colaboración humano-robot y el uso de estos últimos para mejorar la calidad de vida de los seres humanos. Además, considerando que la minería es el principal sector productivo de Chile, veremos cómo el uso de robots en esta industria puede aumentar sus niveles de seguridad, alejando a trabajadores de tareas peligrosas y ambientes adversos.

<sup>3</sup> Centro Avanzado de Tecnología para la Minería (AMTC) y Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Chile.

## Empleo y colaboración humano-robot: Tendencias a nivel mundial

Ya comentamos que existe la percepción de que los robots reemplazarán a los seres humanos en muchas tareas y que aumentarán el desempleo. Si bien esto es cierto para el caso de varias tecnologías asociadas a la Revolución Industrial 4.0, no lo es para la robótica. Existen muchos estudios que analizan este efecto.

En "Don't blame it on the machines",<sup>4</sup> se analiza el impacto del uso de la robótica industrial en el empleo en Europa entre 1995 y 2015. La principal conclusión del estudio es que el mayor uso de robots se relaciona con un leve, aunque significativo aumento en el empleo. En términos cuantitativos "un robot adicional por cada 1.000 trabajadores (en 1995) está correlacionado con un aumento en el empleo total en 1,3 +/-0,2%"<sup>5</sup>. El estudio analiza también el impacto del uso de robots en el empleo de personas poco calificadas (low-skilled workers), no encontrando evidencia de que el mayor uso de robots aumente el desempleo en este segmento.

En "The Impact of Robots on Productivity, Employment and Jobs",<sup>6</sup> se analiza el impacto de la robótica en la productividad y el empleo, y en base a esos datos, se concluye que "los robots y la automatización están creando más empleos que los que destruyen, contribuyendo a un cambio en la demanda hacia los trabajadores más calificados (higher-skilled, higher-income earners)". La principal causa de esto radicaría

en que los robots complementan y aumentan el trabajo humano, en vez de sustituirlo, y al hacerlo, incrementa la calidad de este y los salarios de quienes realizan las nuevas tareas.

Por otra parte, datos de la industria automotivística de Alemania y de Estados Unidos muestran que entre 2010 y 2015 hubo un aumento importante en el uso de robots industriales, lo cual no significó un aumento en el desempleo, sino que contrariamente, un aumento en el número de la fuerza laboral.<sup>7</sup>

La principal razón para que el mayor uso de robots no signifique un incremento en el desempleo, estaría en el hecho de que al aumentar el uso de robots aumenta la productividad y la competitividad de la industria, y que esto lleva a un crecimiento de la demanda, lo que crea nuevas oportunidades de trabajo. La mayor competitividad provocada por la robótica sería especialmente importante en empresas de pequeña y mediana escala (SME: small-to-medium sized business), que son la columna vertebral de la economía en la mayoría de los países desarrollados o en vías de desarrollo.

En contraposición a lo antes descrito, en "Robots worldwide: The impact of automation on employment and trade",<sup>8</sup> se afirma que los efectos del uso de los robots son prácticamente neutros en los países desarrollados (disminución del empleo en 0,5% en el período 2009-2014), donde existe la mayor evidencia sobre el uso de robots, pero que en las naciones que no son desarrolladas pueden producir mayor desempleo, principalmente porque el incremento del uso de robots en los países desarrollados disminuirá la fabricación que

---

<sup>4</sup> Klenert, D., Fernández-Macías, E., Antón, J. "Don't blame it on the machines: Robots and employment in Europe," Febrero 2020. En: <http://bcn.cl/2k1h7>

<sup>5</sup> *Ibíd.*

<sup>6</sup> International Federation of Robotics 2018, "The Impact of Robots on Productivity, Employment and Jobs", abril 2018. En: <http://bcn.cl/2k1h7>

<sup>7</sup> En: <http://bcn.cl/2k1i8>

<sup>8</sup> Carbonero, F., Ernst, E., and Weber, R., "Robots worldwide: The impact of automation on employment and trade," Research Department, Working Paper NO. 36, International Labour Office, octubre 2018. En: <http://bcn.cl/2k1ha>

estos realizan en países emergentes, offshoring. El hecho de traer producción de regreso a las economías avanzadas, se conoce como re-shoring, fenómeno que puede incrementarse a raíz del Covid-19, dado que está surgiendo una tendencia a tener mayor manufactura local, para ser más resiliente a las interrupciones en las cadenas de producción globales, originadas por pandemias.

En el caso de Chile, en donde la manufactura se destina mayoritariamente al mercado local y una parte importante de los bienes se importan, el efecto post-pandemia sería positivo, generando un aumento en la demanda de productos manufacturados localmente, tarea en la cual el uso de robots puede permitir una mayor competitividad en la producción a menor escala.

En base a los antecedentes mencionados vale la pena preguntarse ¿por qué entonces existe la creencia de que el mayor uso de robots aumenta el desempleo?

La primera razón se debe a que cuando se habla de automatización se asume que es realizada por robots, lo cual no es necesariamente cierto. Automatización es un concepto bastante amplio, que en general involucra el uso de procedimientos automáticos en la realización de un proceso, pudiendo referirse estos procedimientos a programas de software y a tecnologías de análisis automatizado de datos. De esta forma, una mayor automatización de la industria bancaria o del retail, lo cual efectivamente genera un mayor desempleo, está asociada a la digitalización de tareas, al empleo de nuevas herramientas de software, a una mayor utilización de técnicas de data mining y, eventualmente, al uso de inteligencia artificial, pero no al uso de robots.

En el ámbito de la salud, el uso de software de diagnóstico basados en inteligencia artificial, eventualmente pudieran reemplazar a médicos en estas tareas (diagnóstico). Pero nuevamente un software de inteligencia artificial no es un robot, aún cuando los robots más avanzados toman sus decisiones utilizando algoritmos de inteligencia artificial.

La segunda razón es que la tecnología robótica se encuentra mucho menos avanzada de lo que el común de la gente piensa y que los robots pueden realizar de forma autónoma un número limitado de tareas. Tomemos el caso de las aplicaciones de robótica para el hogar. Existen robots que pueden aspirar, limpiar vidrios, cortar el pasto. También existen máquinas para lavar la ropa, secar y lavar la vajilla. Pese a lo anterior, los robots no pueden realizar las tareas de la casa sin intervención humana y estamos lejos de tener una versión de "mayordomo robot". Si la casa posee más de un piso, el robot aspiradora debe ser transportado entre pisos por un ser humano. El robot que limpia vidrios debe ser instalado en el vidrio que debe ser limpiado por un humano. El robot que corta el pasto debe ser llevado al jardín por un humano. La ropa o la vajilla para lavar debe ser puesta al interior de la máquina correspondiente por un humano, al igual que el detergente requerido.

Por otra parte, no existen robots que puedan limpiar estantes, cajones, libros, figuras de adorno, lámparas, cuadros, etc. Tampoco robots que puedan cocinar, lo cual requiere tomar los ingredientes desde el lugar en que estos son almacenados, prepararlos, cocinarlos, poner la mesa, servir la comida, botar los restos de esta y almacenar o botar, según corresponda, los ingredientes no usados. El caso del hogar es un perfecto ejemplo de que los robots no reemplazan a los humanos en sus tareas, pero si pueden complementarlos, facilitando sus labores.

El ejemplo del uso de robots en el hogar puede ser extrapolado a otros ámbitos. Por ejemplo, en el caso del uso de robots y máquinas autónomas en minería, en "Automation of Unit and Auxiliary Operations in Block/Panel Caving: Challenges and Opportunities",<sup>9</sup> se demuestra que estas son un complemento, pero no un reemplazo a la labor de operarios humanos, ya que en diversos procesos unitarios (tareas específicas del proceso productivo minero), las máquinas deben ser transportadas al lugar de operación por humanos, quienes además deben preparar el entorno de operación y los insumos requeridos, antes de que las máquinas puedan operar autónomamente. Una vez que estas realizan su tarea puntual, por ejemplo, perforar, los operarios humanos son los que deben transportarlas a otros lugares de operación o a realizar otras tareas que estas máquinas requieren (por ejemplo, llenado de combustible).

Dada esta incapacidad de los robots para realizar autónomamente tareas complejas, sumado a que, por otra parte, su uso puede ser de utilidad para los seres humanos, surge el nuevo paradigma de la robótica colaborativa, en la cual humanos y robots realizan tareas en forma conjunta, complementando sus capacidades.

Por ejemplo, en la industria automotriz algunas labores de ensamblado de vehículos las desarrollan personas equipadas con exoesqueletos ("esqueletos" externos que ayudan a realizar cierto tipo de actividades, como cargar peso), lo cual aumenta la productividad de los trabajadores y mejora la ergonomía del puesto de trabajo, reduciendo lesiones articulares y musculares. La utilización del paradigma de

robótica colaborativa reduce la posibilidad de que los operarios sean sustituidos por robots, pues bajo este nuevo modelo los autómatas no reemplazan, sino que potencian y complementan la labor de las personas. A nivel mundial se estima que en el año 2025 uno de cada tres robots será usado en tareas colaborativas. En la industria manufacturera los robots operando bajo este nuevo paradigma reciben la denominación de cobots, acrónimo de cooperative robots.

## Uso de robots para mejorar la calidad de vida de los seres humanos

Existen múltiples ejemplos del uso de robots para mejorar la calidad de vida de las personas. Estos son de variada naturaleza, incluyendo la utilización de robots en el manejo de desastres naturales o producidos por humanos, como el de la central nuclear de Fukushima,<sup>10</sup> la utilización de robots en tareas de retiro de minas antipersonales,<sup>11</sup> la aplicación de robots en el ámbito de la salud,<sup>12</sup> en educación<sup>13</sup> y en el cuidado de ancianos<sup>14,15</sup>. En general, en estos casos los robots se utilizan para llegar a lugares de difícil acceso (robots de exploración) o que se encuentran contaminados, en tareas que requieran gran precisión (cirugías robotizadas), en tareas

---

<sup>9</sup> Salvador, C., Mascaró, M., Ruiz-del-Solar, J., "Automation of Unit and Auxiliary Operations in Block/Panel Caving: Challenges and Opportunities," 8th Int. Conference on Mass Mining, MassMin 2020, Diciembre 2020, Santiago, Chile.

<sup>10</sup> Wired, "The Robot Assault On Fukushima", 26 de abril 2018. En: <http://bcn.cl/2k1hc>.

<sup>11</sup> Ackerman, E., "Robot Takes on Landmine Detection While Humans Stay Very Very Far Away", IEEE Spectrum 2014. En: <http://bcn.cl/2k1hf>.

<sup>12</sup> Hauser, K, and Shaw, R., "How Medical Robots Will Help Treat Patients in Future Outbreaks", IEEE Spectrum 2020 <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/medical-robots/medical-robots-future-outbreak-response>

<sup>13</sup> Belpaeme, T., Kennedy, J., Ramachandran, A., Scassellati, B., and Tanaka, F., "Social robots for education: A review", Science Robotics 15 Aug 2018; Vol. 3, Issue 21, eaat5954. DOI: 10.1126/scirobotics.aat5954

<sup>14</sup> Purtill, C., "Stop Me if You've Heard This One: A Robot and a Team of Irish Scientists Walk Into a Senior Living Home", Time, Octubre 2019. En: <http://bcn.cl/2k1hh>.

<sup>15</sup> Tobe, F., "Where Are the Elder Care Robots?", IEEE Spectrum 2012. En: <http://bcn.cl/2k1hi>.

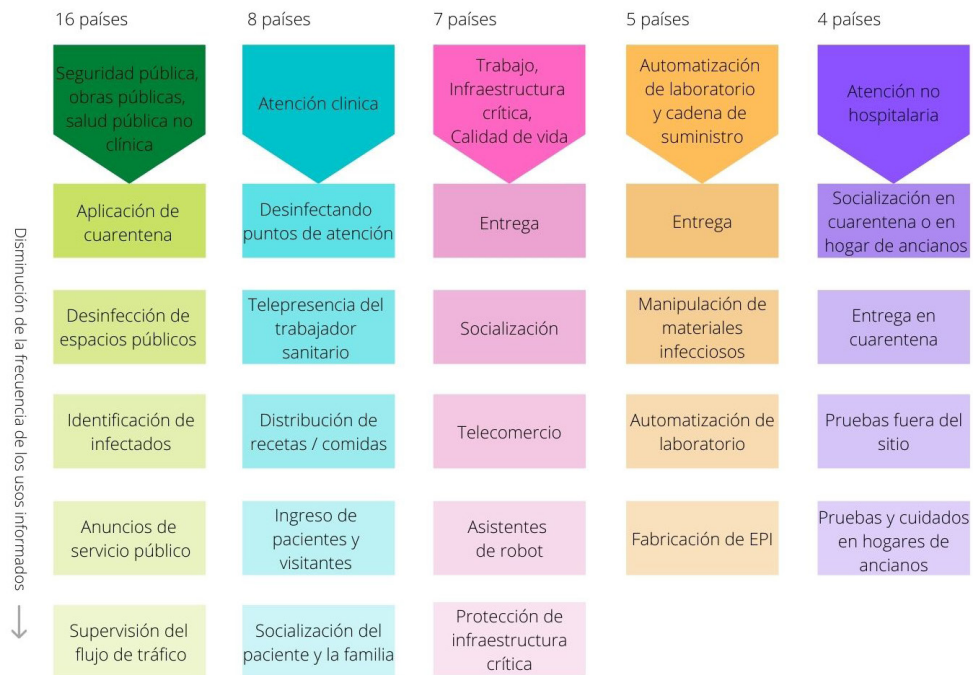


Tabla 1. Reporte de robots usados en el mundo para luchar contra el Covid-19. Estado al 12 de abril de 2020. Imagen de R. Murphy, V. Gandudi/Texas A&M; J. Adams/Center for Robot-Assisted Search and Rescue, tomada de "New Consortium Mobilizes Roboticians to Help With Covid-19 and Future Crises".

repetitivas (manufactura) o en situaciones en que no existen personas que puedan realizar la tarea (cuidado de adultos mayores). Las tecnologías robóticas también permiten resolver problemas para el beneficio y bienestar de la humanidad. Por este motivo, el IEEE Robotics and Automation Society, la mayor asociación mundial de ingenieros e investigadores en robótica, decidió crear la iniciativa SIGHT (Special Interest Group on Humanitarian Technologies), cuya misión es la aplicación de tecnologías de robótica y automatización en tareas humanitarias.

Un ejemplo del uso de robots para resolver problemas que los humanos no pueden abordar apropiadamente, es el caso de la central nuclear de Fukushima, donde el uso de robots ha permitido acceder al reactor nuclear y observar su interior, de tal forma de poder continuar monitoreando su dinámica y tomar las medidas que

permitan continuar con su cierre en forma segura.<sup>16</sup> Se espera que durante 2020 se pueda comenzar a extraer el combustible de los reactores, también utilizando robots.<sup>17</sup> Si no se hubiesen construido robots especiales para llevar a cabo estas tareas, los seres humanos hubiesen tenido que realizarlas, siendo condenados a una muerte segura por la alta contaminación recibida. Esto es lo que sucedió en los días posteriores al accidente de la central ya mencionada.

Otro ejemplo es la utilización de robots para ayudar en la lucha contra el Covid-19. En la Tabla 1 se resumen los desarrollos que ha habido

<sup>16</sup> Guizzo, E., "Robots Enter Fukushima Reactors, Detect High Radiation," IEEE Spectrum 2011. En: <http://bcn.cl/2k2ag> / Ackerman, E., "Another Robot to Enter Fukushima Reactor, and We Wish It Were Modular," IEEE Spectrum 2015. En: <http://bcn.cl/2k2ah>.

<sup>17</sup> El Español, "Los robots que han podido entrar en Fukushima, tras seis años de intentos", 20 de noviembre 2017. En: <http://bcn.cl/2k1hk>.

en más de 20 países para combatir el virus. Estos abarcan los ámbitos del cuidado clínico, la automatización de la toma de muestras en laboratorio, el cuidado en el hogar y las medidas de seguridad en lugares públicos. La IEEE Robotics and Automation Society también creó un consorcio que coordina y fomenta el uso de la robótica en el combate de las enfermedades infecciosas.<sup>18</sup>

Día a día vemos diversas aplicaciones que buscan ayudar a combatir los estragos de esta pandemia con diversos tipos de robots. Una de ellas, realizada en Chile, consiste en el uso del robot social Pudú, para comunicar a los pacientes con sus familias, pero también con personal del área de la salud que les provee tratamiento para su salud emocional.

## Robótica colaborativa y minería

Considerando la importancia de la actividad minera a nivel nacional, es también útil analizar el impacto del uso de robots y máquinas autónomas en esta industria. El uso de esta tecnología puede no sólo tener un gran impacto en la competitividad de la industria minera, incrementando su productividad, sino que también en el aumento de sus estándares de seguridad al alejar a los trabajadores de tareas peligrosas y ambientes adversos, y disminuyendo el impacto ambiental de la industria.

A nivel nacional, desde hace unos diez años se ha trabajado exitosamente en la automatización de equipos de transporte de material en rajos (camiones autónomos) y minas subterráneas (LHDs semiautónomos), siendo Chile el país pionero en el uso de estas tecnologías en tareas de producción. Sin embargo,

cuando deseamos automatizar otros procesos unitarios, nos damos cuenta de que la tecnología robótica aún debe ser desarrollada.<sup>19</sup> Los motivos tienen que ver con la alta variabilidad y dinamismo de los entornos mineros, donde existen múltiples equipos y personas en movimiento, con la poca observabilidad de los procesos, operarios y maquinaria, y con la alta complejidad de las tareas a ser resueltas.

Un ejemplo paradigmático es la tronadura, donde las labores de armado y manipulación de explosivos son de alta complejidad y los entornos en las cuales se realiza, son dinámicos y sólo parcialmente observables. La solución para automatizar este tipo de procesos es nuevamente la robótica colaborativa, donde los equipos autónomos serán capaces de asistir a los operadores en tareas que impliquen riesgo, o en las cuales se requiera mayor eficiencia. A su vez, los humanos apoyarán a los equipos autónomos cuando estos no puedan observar y evaluar adecuadamente el entorno, o realizar ciertas tareas específicas. El grado en el cual una máquina puede asistir a un humano tiene distintos niveles de complejidad, por lo que se habla de tele-operación, teleasistencia, tele-presencia y operación semi autónoma. En este caso, en el que un humano asiste a un robot autónomo, se habla de autonomía colaborativa.

Existen múltiples ejemplos de la colaboración humano robot en minería, como el caso de los equipos LHD semi autónomos, cuya operación es mixta, transporte y depósito del mineral en forma autónoma y carga del material en forma tele-operada. O el caso de las perforadoras autónomas, que son posicionadas por operadores humanos, pero que luego realizan su tarea en forma autónoma. En la actualidad, se están utilizando o

---

<sup>18</sup> Robotics for Infectious Diseases. En: <http://roboticsforinfectiousdiseases.org/index.html>

<sup>19</sup> Ibid 9.

desarrollando variadas tecnologías robóticas colaborativas para la minería nacional, entre las cuales destacan: martillos pica-roca con asistencia automatizada para el operador, sistemas semi automatizados para el manejo de explosivos, sistemas semi automatizados de descuelgue de puntos de extracción, uso de brazos robóticos para la manipulación de cátodos y hornos en fundiciones, robots para levantamiento topográfico 3D de túneles y uso de brazos robóticos para tareas de mantenimiento, como cambios de neumáticos o cambios de revestimientos de molinos.

El aumento de la seguridad laboral de la industria, especialmente en los segmentos de la pequeña y mediana minería, puede verse fuertemente favorecida por un mayor uso de robots y máquinas que apoyen la labor de los operarios humanos, haciendo que esta actividad sea más segura y competitiva.

En conclusión, podemos afirmar que la utilización de robots puede efectivamente mejorar la calidad de vida de las personas y que la cooperación humano – robot es fundamental para poder lograr este objetivo.





# Efectos e impacto de la aceleración de brechas tecnológicas en situación de catástrofes y pandemia. **Caso robótica y Covid-19 en Chile**

Por **Rodrigo Quevedo Silva**<sup>20</sup>

La necesidad de solucionar problemas y la búsqueda del bienestar, ha otorgado a las especies la capacidad de especializarse y aplicar el conocimiento acumulado, innovando y así impulsar el desarrollo tecnológico.

En nuestros tiempos, la robótica, nace como una válida opción para solucionar problemas complejos y ayudar en tareas que son riesgosas o rutinarias. Situaciones como pandemias, catástrofes, han demostrado que agilizan o apuran los procesos de incorporación y transferencia de estas tecnologías, ya que encuentran una aplicación práctica y manifiestan de manera concreta sus beneficios.

Vemos en situaciones puntuales, como en derrumbes, inundaciones o hundimientos, que los agentes robóticos apoyan labores de búsqueda y rescate, permitiendo incrementar y extender las capacidades humanas.

Ejemplos de ello lo encontramos en el maremoto de 2010 en Chile, donde el robot ROV (Vehículo Operado Remotamente) Proteus 500 apoyó la búsqueda de sobrevivientes, en especial en la Isla de Juan Fernandez. Así también apoyó la búsqueda del avión de la Fuerza Aérea CASA 212, que cayó al mar con 21 personas a bordo, cuando intentaba aterrizar en la misma isla el 2011.

Durante la última década, ante este tipo de situaciones, se acude a tecnologías avanzadas y robótica, para lograr resultados en donde las capacidades humanas se ven limitadas. Sin embargo, estas situaciones no han cambiado nuestra percepción de la tecnología tan dramáticamente como si ha ocurrido con la pandemia del Covid. En este caso particular del Covid-19, el efecto y la implicancia es transversal, afectando literalmente a toda la ciudadanía de manera devastadora. Por la misma razón, la incorporación de las tecnologías avanzadas se hace necesaria.

<sup>20</sup> Director general Robotics Lab SCL y director ejecutivo Instituto STENAM-Chile.

En infraestructura, la presente pandemia evidenció la poca capacidad de manufactura o maquinaria avanzada para la fabricación de nuevas soluciones especializadas que la industria necesitaba. Este es un problema real, que nos condiciona a la disponibilidad de stock de los fabricantes internacionales, al mayor incremento del tiempo de traslado, costos de envíos y la capacidad local de operar estas maquinarias. Si comparamos la mejor tecnología de fabricación local, de la mejor equipada universidad chilena, es equivalente a un colegio de buena calidad de países avanzados como Estados Unidos o Japón.

## **Impacto positivo del Covid-19 en ecosistema de robótica nacional**

Un impacto positivo resultado de la pandemia es el trabajo colaborativo e integrado de universidades, empresas y laboratorios, como ejemplo de aquello, las más de 30 iniciativas de ventiladores mecánicos que se comenzaron a fabricar de manera espontánea en diversos centros del país a comienzo de marzo de 2020.

### **1. Ventiladores mecánicos de circunstancias**

Ha sido un excelente caso de estudio, en donde todo Chile ha visto a distintas universidades trabajando en conjunto junto a empresas y centros de investigación. Todos colaborando para la fabricación de estos ventiladores mecánicos de circunstancias, permitiendo así, desarrollar una capacidad tecnológica local y masa crítica de profesionales preparados para el desarrollo de instrumentación avanzada.

Sin embargo, uno de los principales problemas a la construcción efectiva de estos equipos, ha sido la disponibilidad de herramientas y maquinaria avanzada para la fabricación de prototipos, sobre todo, de mecanizado de piezas especiales y el montaje adecuado de líneas de producción, las que ha sido solucionada

por los recursos y capacidades de centros de fabricación de empresas muy especializadas y de otros organismos tales como FAMAE y ASMAR, quienes por motivos de su operación normal, cuentan con dichas capacidades y tecnologías.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación y el Ministerio de Salud junto al programa “Un Respiro para Chile”, impulsada por SOFOFA Hub, el Banco Interamericano del Desarrollo (BID) y Socialab, han coordinado las actividades de diseño y producción de tecnologías avanzadas aplicadas a los ventiladores, haciendo convocatorias al respecto, todo para hacer frente a la pandemia, y obtener una mayor dependencia de la capacidad de importaciones y así, disponer de recursos o soluciones.

## Ventiladores mecánicos hechos en Chile para el soporte del Covid-19

### Principales proyectos

NOMBRE DEL EQUIPO	DESARROLLADORES
DAVIT	COMAR, UNAP
Oxygena	Teccap-TPI, Mutual de Seguridad
VENMEC	Robotics Lab SCL, Universidad Tecnológica Metropolitana UTEM, Universidad del Desarrollo UDD, Universidad Andrés Bello UNAB, Universidad de Santiago USACH, CON-CIENCIA, FESTO, GOMAS HEWITT
SurvOxy (Survival Oxygen)	SOS 3DMAKERS, Fundación Biosfera, Mustakis, Altair Ing, Aeromac, Pipartner Group, Bioingeniería, Kladebar
KeepEx	Ventiladores Mecánicos Keepex
WAYRA	Grupo de profesionales y estudiantes de diseño e ingeniería de la región de Valparaíso
Aparato Asistencia Ventilatoria	ASMAR, UDEC
Abumático UACH	Universidad Austral de Chile
VMM	Jorge Morales
Respirador YX	YX Wireless
AERA, Equipo de ventilación de emergencia	Robotec
Ventilador Mecánico Invasivo CCTVal/UTFSM	UTFSM
OxygenChileUC	UC
ValpoEVENT	Universidad de Valparaíso, AC3E, Bosca y Arauco
AeroHelp	Profesionales, Klammer, Polanco, Martinez, Queirolo, Maureira, Espinoza, Navia
ARIA	Fundación Chile, Chile Global Ventures, Ivy
VM Resiliencia	Cedenna, Dirección de Postítulos y Postgrados de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Santiago
Proyecto Neyün	DTS/ENAER/FAMAE, Universidad de Chile, Universidad del Desarrollo

Aparato Asistencia Ventilatoria	Universidad de Concepción-ASMAR
La Frontera	Universidad de la Frontera
Ventilador Mec. de emergencia Hope E-Vent	PAT S.A, Tersainox S.A
AnimO2	Tersainox, Universidad Andres bello. Fablab Santiago, ASIMET, Industriales Labs, Fundación Urbanatika y Prometeo
Respirador FING-USACH	Centro de Innovación de la Facultad de Ingeniería, investigadores de los Departamentos de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Mecánica, Facultad de Química y biología, en conjunto con representantes de empresas de ex alumnos de la USACH
Ventilador Mecánico MotorAir	Jose Rojas, Fernando Rojas
VMER (Vent. Mecánico de Emergencia Rápido)	PUC, Facultad de Ingeniería, Facultad de Medicina y empresas colaboradoras.
VENTILADOR MECÁNICO CEFIRO – UNMANNED	CEFIRO – UNMANNED
ventilador mecánico portátil (VMP)	USACH
Ventilador mecánico FCFM-UChile	FCFM-Uchile

Tabla de datos de elaboración propia

## 2. Manufactura avanzada

El uso de las nuevas tecnologías de manufactura, tales como fabricación digital, aditiva o sustractiva, modelado y fabricación 3D, el diseño asistido por computador, todas ellas integradas en un proceso productivo, han tenido gran auge durante la pandemia. Diversos centros de trabajo colaborativo y organizaciones civiles y grupos de trabajo independientes han tomado la iniciativa para el apoyo en el combate de la pandemia.

Esta industria, que ya se encontraba en desarrollo en los últimos años, junto a los menores costos para acceder a impresoras 3D y otras herramientas de trabajo, han permitido la innovación de soluciones adecuadas e ingeniosas.

Las comunidades de maker o hacedores de tecnologías, comenzaron inmediatamente a compartir experiencias y capacidades mediante grupo de trabajo que han surgido de manera espontánea, los que utilizando las redes sociales o herramientas de trabajo como Slack, Telegram, Signal y Whatsapp, de manera interdisciplinaria han abordado problemáticas locales, asistiendo de manera local con sus desarrollos. Ejemplos de aquello son máscaras de protección 3d con nano cobre, protectores de rostro, dispositivos de protección o barreras acrílicas con diseños especiales y customizados a las necesidades siempre cambiantes, del mismo modo, telas especiales con nano plata o nano cobre como medidas de protección sanitizantes han destacado a lo largo del país.

## 3. Inteligencia Artificial

La Inteligencia Artificial está en auge en todo el mundo, y notablemente se ha visto acelerada su incorporación durante la pandemia. Aunque hace un par de años eran cuestionadas por su

impacto en la privacidad de las personas, hoy son obvias para determinar la distancia social, la trazabilidad, control de virus y el reconocimiento de personas afectadas por la enfermedad.

Muchas nuevas startups están naciendo, cada día, al alero de la Inteligencia Artificial, el aprendizaje de máquina y las ciencias de datos. En la industria de salud, destaca por sus innovaciones con sistemas de detección temprana de patologías y visualización inteligente de exámenes, entre otras aplicaciones. Si bien es cierto, Chile avanza en legislaciones al respecto, no existen criterios comunes en el uso de este tipo de tecnologías, principalmente en el desconocimiento del impacto real y los efectos en el uso a mediano y largo plazo. Junto a la necesidad de contar con infraestructura para la comunicación adecuada y segura.

## 4. Robots de servicio

Los robots de servicio se han destacado en todo el mundo. Países de todos los continentes han utilizado robots anfitriones, sanitizantes, distanciadores, educativos, de inspección y seguridad. Durante la pandemia, la industria robótica a nivel global ha tenido un fuerte crecimiento, también en Chile, principalmente motivados por la experiencia internacional.

Al respecto, se han utilizado robots para el combate del virus y sanitización de lugares públicos de manera remota. Ya sea, utilizando vehículos robotizados autónomos; teleoperados terrestres o aéreos, los cuales utilizando herramientas fumigadoras desinfectantes, o luces UV-C, pueden mejorar las condiciones ambientales y de paso, disminuir la exposición de humanos al virus.

Robot teleoperados y con capacidad de telemonitoreo son muy populares, su funciona-

lidad de acceso y control remoto por Internet, ha sido una funcionalidad muy requerida en pandemia, junto con la aplicación de reconocimiento facial y cámaras termales, con el objetivo de obtener un mayor control, mejorar la cobertura de operación y mantener el up-time de procesos productivos o servicios de atención.

La necesidad de distancia social, el estado de cuarentena de muchas comunas en el país, la facilidad de contagio del virus, la dificultad de trabajar normalmente en los lugares de trabajo cotidiano y en oficinas, han permitido que sistemas teleoperados y/o telemonitoreados tengan un auge considerable.

Destacan casos de robots teleoperados como EVA Elf, llamado amigablemente EVA, quien se transformó en el primer robot de servicio que apoyó al combate del coronavirus en Chile, principalmente en hospitales. Su innovadora propuesta y facilidad de uso, junto a la buena acogida de recintos médicos, ha permitido evidenciar las capacidades reales de la robótica, donde el personal médico desde sus hogares puede controlar un robot ubicado en hospitales, permitiendo así, la atención remota de pacientes y mejorar la distancia social, mantener el contacto con pacientes, evitando el contagio intrahospitalario y otros beneficios sociales.

## **5. Ciberseguridad y usos apropiados de datos e información en pandemia**

Otra área tecnológica ligada a la robótica, ya que es necesario que los dispositivos o agentes robóticos sean seguros, y que ha sido fundamental durante la pandemia es la ciberseguridad, por razones muy simples. Las personas pasan ahora más tiempo conectados a sus computadores y la forma de trabajar

para muchos se transformó eminentemente remota. Se ha hecho fundamental disponer de tecnologías avanzadas para la seguridad de datos e información en las estaciones de trabajo en los hogares.

Considerando que muchas empresas manejan información sensible y que los trabajadores en sus hogares no necesariamente cuentan con las medidas de seguridad adecuadas, es que se iniciaron diversas iniciativas de difusión e implementación de medidas de seguridad de la información.

A nivel de grandes empresas, las llamadas "Big Four" presentes en Chile comenzaron en el mes de marzo a realizar los primeros webinars referentes al tema, principalmente para educar a sus clientes y trabajadores respecto a la nueva forma de trabajar. De cierto modo, también, para entender los riesgos, junto a las nuevas condiciones laborales y las nuevas exigencias operativas y legales que condiciona esta modalidad.

En ese ámbito, PwC presentó un modelo de ciberseguridad colaborativa y en marzo de 2020, un ciclo de charlas relativas a la ciberseguridad en pandemia, ya que según informes generados en el mes de marzo por parte de Kaspersky -una empresa global de ciberseguridad- "un 73% de los empleados que trabajan desde casa indica que aún no ha recibido ninguna orientación específica o capacitación para conscientizarlos en temas de ciberseguridad".

Del mismo modo, un gran avance durante la pandemia, apoyado por la facilidad de realizar reuniones en línea, se han incrementado las comunidades de expertos en ciberseguridad y ethical hackers con actividades formativas de gran calidad. La virtualización de las reuniones y la utilización de plataformas de Internet y videoconferencias ha experimentado un incre-

---

mento notable, principalmente con diversos webinars y tele-conferencias que han permitido incluso presenciar talleres y capacitaciones con personalidades y expertos internacionales.

Es importante destacar las actividades de 8.8 Computer Security Conference, organización nacida en Chile y con experiencia de 10 años en toda Latinoamérica, que durante la pandemia ha realizado más de 50 charlas de distintos expertos internacionales y locales, enfocado a diferentes perfiles profesionales y estudiantes; con charlas; talleres y webinars de ciberseguridad todos los meses del año. Las actividades online de 8.8 Computer Security Conference incluyen la participación de niños en su formato 8dot8 Junior; para expertos con su 8dot8 Club CISO; para mujeres con Lovelace; todo en distintas regiones de Chile y otros países de Latinoamérica.

También destacan las actividades de Whilolab, fundación enfocada a la educación en ciberseguridad para niños, que durante la pandemia ha tenido un rol fundamental en la prevención y el uso cuidadoso de Internet. Una de las actividades es WhiloCON 2020, donde se realizan talleres-webinars de ciberseguridad, prevención de ciberacoso para niños y jóvenes, entre otras temáticas contingentes.

Sin aún lograr determinar con exactitud el impacto y la aceleración de la incorporación de las tecnologías producto a la pandemia de Covid-19, se estima que se ha acortado la brecha tecnológica en ocho años. Por una parte, en la incorporación de nuevas tecnologías en empresas y hogares, mejorando el acceso, y por el mayor interés de las personas en aprender y especializarse, sumado a la mayor oferta de recursos educativos, mejorando el conocimiento, lo que indudablemente nos llevará a una mayor especialización, permitiendo así, avanzar tecnológicamente y subir un nuevo nivel.





# Fuerza de trabajo digital al servicio de la pandemia, ¿Cómo los robots de software pueden ayudarnos en esta lucha?

Por **Bartolomé Rodillo Pérez**<sup>21</sup>

Antes de explicar que es la fuerza de trabajo digital y cómo puede ayudarnos en esta pandemia, es necesario hacer un poco de historia. Desde la revolución industrial la sociedad ha visto cómo la ingeniería aplicada ha permitido aumentar la productividad, trayendo por una parte beneficios a la sociedad y, por otra, impactos en el medio ambiente y brechas sociales. Estos efectos, que también ocurren a nivel global, dependen de la velocidad de la adopción de nuevas tecnologías.

La automatización de procesos, que pueden ser ejecutados por máquinas trae consigo aumentos en la capacidad y eficiencia en la producción. En el reporte de 2017 de McKinsey Global Institute <sup>22</sup>se señala que "por lo menos el 30% de las actividades del 60% de las profesiones son automatizables", en estudio realizado considerando más de 2.000 actividades en 800 profesiones.

<sup>21</sup> Ingeniero civil industrial con postítulo en gestión informática, consultor en transformación digital. Integrante del Colegio de Ingenieros de Chile y de ACTI desde el 2018. Profesor de la cátedra de Taller de Ingeniería Industrial en la Universidad Diego Portales..

<sup>22</sup> McKinsey Global Institute "Un futuro que funciona: Automatización, empleo y productividad" Disponible en: <http://bcn.cl/2k1jh>.

Por otra parte, la OCDE<sup>23</sup> ha estimado que alrededor del 14% de los empleos en la zona de la OCDE en su conjunto tienen riesgo de automatización, mientras que el otro 32% puede experimentar cambios importantes.

Las aplicaciones de la automatización van más allá del mundo físico. Los aportes de Alan Turing, considerado uno de los iniciadores de la ciencia de la computación y de la informática, permitieron el desarrollo de tecnologías que habilitaron a los sistemas mecánicos con las capacidades de programación. Lo anterior sumado al desarrollo de la electrónica explican las maravillas que hoy podemos observar en los robots utilizados en diferentes plantas productivas y en diversos ámbitos, como por ejemplo la manufactura, la logística, la salud o la exploración espacial.

El desarrollo de las ciencias de la computación ha permitido explorar los campos de la inteligencia artificial, donde hoy se destacan

<sup>23</sup> OCDE, "Los riesgos de automatización del trabajo varían mucho entre las diferentes regiones de los países, afirma la OCDE " En: <http://bcn.cl/2k1ji>.

las aplicaciones de machine learning y deep learning, donde las máquinas pueden aprender utilizando cualquiera de estos enfoques. Otra consecuencia del desarrollo de la computación es la aparición de los ordenadores en las organizaciones, donde estas han incorporado las capacidades de procesamiento para la administración, la contabilidad, la planificación, la logística, las ventas y adquisiciones entre otras funciones que requieren las organizaciones.

Estas actividades que, a principios del siglo XX, debían realizarse manualmente, a papel y lápiz, hoy son ejecutadas mayoritariamente a través de sistemas computacionales. Estos sistemas, comúnmente son llamados ERP (Enterprise Resource Planning), los que permiten a las organizaciones gestionar sus procesos mediante el uso de estos aplicativos. Este tipo de tecnologías también han permitido a los bancos, a las compañías de seguros, a las empresas de servicios y a los Estados contar con sistemas que contribuyen a que el trabajo se desarrolle en forma estructurada, brindando estándares de seguridad, y habilita las capacidades para procesar miles o cientos de millones de datos transaccionales, que hoy gracias a Internet, fluyen de forma global.

Las organizaciones también requieren relacionarse con sus clientes, y de esta necesidad nacen las aplicaciones de CRM (Customer Relationship Management) donde complementado con la web se ha desarrollado un mercado digital creciente de relaciones B2B y B2C entre otras (negocio a negocio; negocio a consumidores, etc.). Internet ha permitido el desarrollo del uso de correos electrónicos, sitios web, carritos de compra, trámites digitales, que abren un mundo de oportunidades y desafíos. A lo anterior se suma que este ecosistema ha facilitado el desarrollo de las redes sociales, tanto para compartir conocimiento, ideas, experiencias, potenciar redes de contacto

profesional, para el consumo de productos, la propagación de noticias y también la difusión de fake news (noticias falsas) entre muchos usos. Pese a todo el desarrollo aún existen muchas actividades que las personas deben realizar interactuando con diferentes sistemas y plataformas de forma manual.

Hasta este punto hemos relatado un largo camino en que nuestra sociedad y los mercados han transitado desde la mecanización y robotización, en mundo físico, hasta un mundo virtual provisto por las tecnologías de la información y comunicaciones, dominado por el software (aplicaciones computacionales). Sin duda que estos cambios han producido un tremendo impacto en el empleo y también en la forma en cómo se desarrolla el trabajo.

Para su labor las organizaciones destinan muchas horas del día para realizar tareas que implican interactuar con algún software, mediante el uso de un teclado, un mouse y una pantalla. Estas tareas cotidianas como facturar, comprar, recaudar, consultar el saldo de una cuenta corriente, solicitar o emitir certificados, generar reportes de gestión entre muchas otras actividades del día a día de las organizaciones y de las personas, se realizan utilizando algún programa de computación o software, ya sea utilizando una simple planilla de cálculo o hasta el uso del más sofisticado ERP.

¿Qué tienen de común estas actividades?

La respuesta es simple, hay mucho trabajo detrás de un computador para realizar tareas repetitivas, muchas veces basadas en reglas sumamente estructuradas, que la fuerza laboral, los trabajadores, deben realizar una y otra vez. Muchas veces la cantidad de tareas es tanta que se desvirtúa el rol de ciertos cargos en las organizaciones. Entonces no es difícil encontrar roles de analistas que emplean muchas horas de su trabajo en solamente

digital o simplemente realizar tareas que son rutinarias, meros clicks una y otra vez sobre una pantalla de computador. Estas acciones no son una contribución real a la creación de valor en las organizaciones. Simplemente son actividades que requieren que sean realizadas por las personas, para poder completar algún proceso de negocios como, por ejemplo, comprar insumos para un hospital o conciliar las partidas entre el saldo del banco y la contabilidad, solo por mencionar algunos ejemplos.

¿Si el trabajo que realizamos interactuando, mediante el teclado, la pantalla y el mouse de un computador pudiera ser ejecutado por algún tipo de software para hacer más eficiente este trabajo? Esta es la pregunta que desde hace unos 20 años ha promovido, hasta consolidar un mercado altamente competitivo, plataformas que permiten configurar programas que son capaces de realizar el trabajo que las personas ejecutan al utilizar computadores para diferentes procesos de negocio. Esta tecnología llamada Robotic Process Automation o RPA permite la automatización de estas tareas, emulando el trabajo que realizaría una persona en su interacción con una o más aplicaciones.

Esta tecnología permite integrar diferentes aplicaciones que usualmente son utilizadas por una persona, como por ejemplo descargar las cartolas bancarias desde la aplicación web del banco, darle un formato estándar al archivo mediante algún editor de texto, para luego poder cargarlo al sistema contable. Esta es una actividad que se repite una y otra vez en las organizaciones. Al utilizar RPA para ejecutar estas tareas en la práctica, la persona puede descansar en el trabajo que esta tecnología de automatización habilita. Cuando tenemos un proceso de estas características, que ha sido automatizado utilizando RPA, lo llamaremos BOTs. Los BOTs son como un

robot, pero en vez de ser un aparato físico, es un componente de software que es capaz de interactuar con los sistemas realizando el trabajo específico para una cierta función, como las que hemos señalado en los ejemplos anteriores.

Por lo tanto, vive en el mundo virtual, que ha sido creado por la magia de la computación y la informática. Entonces poseen la capacidad de convertirse en trabajadores virtuales en las organizaciones, para realizar tareas específicas y estructuradas que las personas realizan. Más que pensar que estos BOTs les quitarán el trabajo, hay que tomar una mirada positiva.

Estos BOTs permiten a las personas desprenderse del trabajo rutinario, para disponer de tiempo para la innovación, el control y la gestión. Los BOTs permiten que las personas pasen de ser eminentemente ejecutores de tarea a gestores de procesos. También son aliados para el trabajo, permitiendo que se realice más rápido, con menor tasa de error y escalable y con disponibilidad 7x24. Estas características impactan en la calidad de servicio, mejorando los tiempos de respuesta y disminuyendo los errores. En la práctica estos colaboradores virtuales dan vida a la fuerza de trabajo digital.

Según un estudio publicado por la consultora Gartner, muestra que en los departamentos de finanzas pueden ahorrar hasta un 30% de retraining evitable, unas 250.000 horas, con el uso RPA. Esto es solo una pequeña muestra de los beneficios de la fuerza de trabajo digital.<sup>24</sup>

<sup>24</sup> Gartner "Gartner Says Robotic Process Automation Can Save Finance Departments 25,000 Hours of Avoidable Work Annually". En: <http://bcn.cl/2k206>

## ¿Cómo pueden colaborar los trabajadores virtuales en esta pandemia?

Son varios los aspectos donde los BOTs pueden colaborar. Una de las ventajas es que pueden trabajar en forma continua, no requieren trasladarse para ejecutar el trabajo, no se contagian, no necesitan descansar y permiten soportar de mejor manera los aumentos de la variabilidad en la carga de trabajo. Tomemos como ejemplo la actividad de clasificar correos electrónicos con solicitudes de clientes para luego dirigirlos a diferentes grupos de atención o de resolución de requerimientos. Si aumenta mucho la carga de trabajo, en una condición normal, se debería contratar más personal. Si el proceso es ejecutado por un trabajador virtual, basta con clonarlo, tecnología disponible en ambientes virtualizados o en la nube, para duplicar o triplicar la capacidad instalada según se necesite, solo realizando un par de clicks.

Supongamos que el proceso de clasificación de correos requiere aplicar un procedimiento por parte de cada uno de los ejecutivos de atención. Si este proceso requiere ser modificado, se tendrá que entrenar a todos los ejecutivos con la nueva definición. Por el contrario, si esta actividad de clasificación es ejecutada por un BOT, bastará solo con hacer una actualización y estará disponible para atender los requerimientos en base a la nueva regla de forma estandarizada.

Uno de los impactos de la pandemia ha sido el distanciamiento social, y por lo tanto el cierre de muchas sucursales de atención. Esto ha producido una degradación en muchos servicios. Las plataformas de atención de clientes han enfrentado un fuerte impacto y tremendos desafíos. La fuerza de trabajo digital puede absorber parte de las tareas repetitivas y

estructuradas, dejando a los agentes humanos los casos complejos o que no tengan un patrón establecido de acción.

La pandemia ha sido un acelerador para la transformación digital de muchas organizaciones, desde la medicina, el comercio, la educación, el gobierno, entre otras. En este mundo digital los trabajadores virtuales tienen una importante contribución que realizar, humanizar el trabajo, tomando las tareas repetitivas y estructuradas que realizan las personas, para dejar más tiempo para la innovación, la gestión y el mejoramiento continuo de los procesos.

Desde la perspectiva de la innovación esta fuerza de trabajo digital puede integrar otras tecnologías que permitan dotar a los BOTs con capacidades cognitivas, a través de procesos de inteligencia artificial, utilizar procesamiento de lenguaje natural, el análisis avanzado de imágenes y algoritmos de analítica avanzada. Estos super BOTs abren un mundo de posibilidades para desarrollar y soportar nuevos productos y servicios o simplemente para mejorar nuestros procesos actuales a niveles nunca vistos.

Un resultado alentador descrito en el informe de la OCDE<sup>25</sup> es que desde 2011, 60% de las regiones en los 21 países estudiados han creado más empleos con bajo riesgo de automatización que los empleos que perdieron en sectores con alto riesgo de automatización.

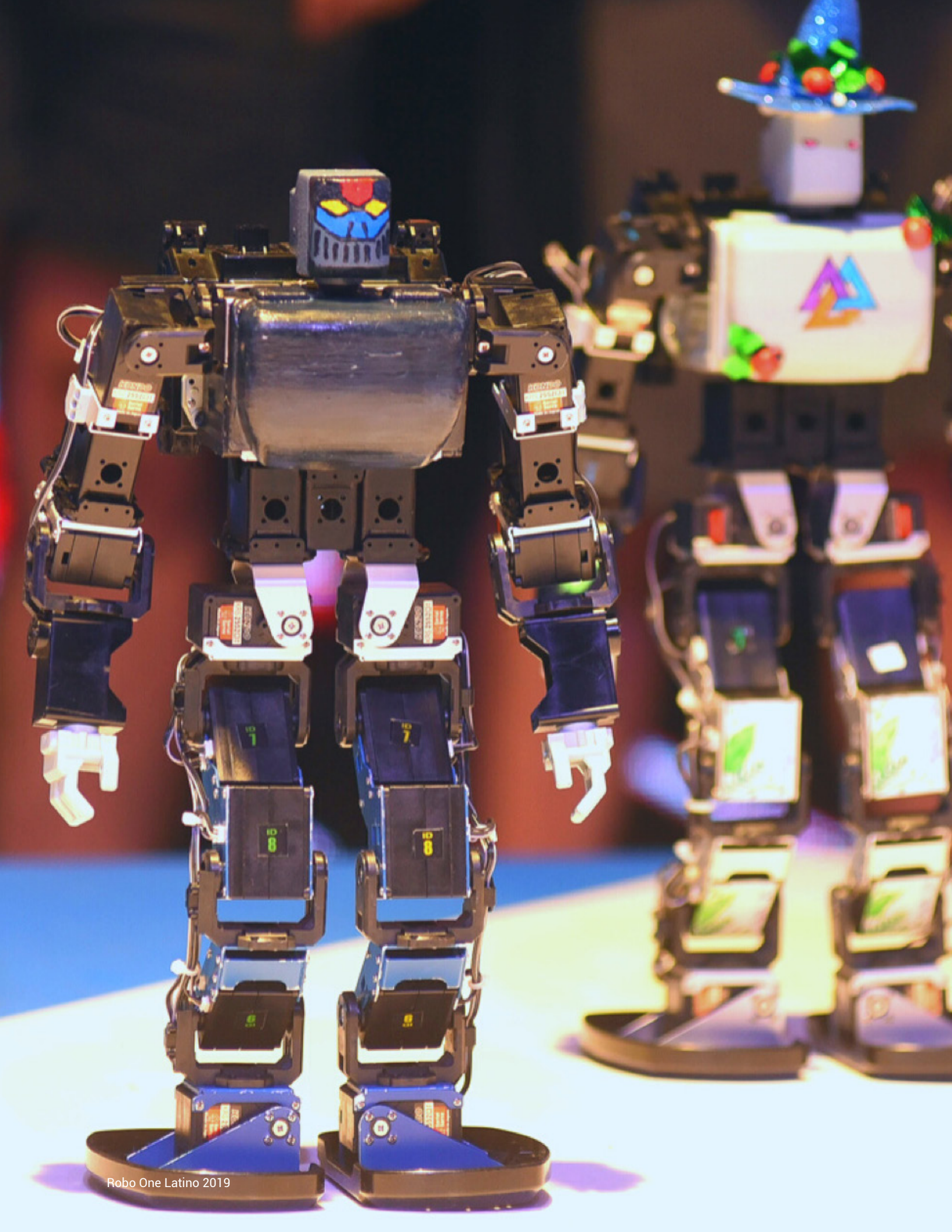
---

<sup>25</sup> Ibid. 23.





CAPACIDADES  
INSTALADAS O  
CON POTENCIAL  
DE INSTALACIÓN  
**EN CHILE PARA EL  
COMBATE DE UNA  
PANDEMIA DESDE  
LA ROBÓTICA**





# Capacidad instalada, nodos colaborativos y comunicación en el ecosistema chileno impactado por Covid-19

Por **Rodrigo Quevedo Silva**<sup>26</sup>

Frecuentemente, las iniciativas para el desarrollo de conocimiento técnico en materia de robótica han nacido al alero de comunidades estudiantiles en universidades o de clubs privados de robótica, los que se han organizado y preparado en actividades de integración y desafíos tecnológicos.

Chile ha sido pionero en la formación temprana de jóvenes interesados en el desarrollo de la robótica, como ejemplo podemos ver torneos nacionales de robótica que superan los 15 años de vida y numerosas experiencias de jóvenes que han viajado a torneos internacionales para competir, cada año con mejores resultados.

En países avanzados, como Estados Unidos, Japón, Corea del Sur, Austria, Alemania, España, Rusia, las actividades tecnológicas son

parte de una estrategia-país y de largo plazo. Es así como muchas iniciativas de formación tecnológica que en Chile se muestran innovadoras, son en realidad herencias de propuestas de hace 30 años de países avanzados.

Un caso al respecto, es la formación bajo la metodología de educación tecnológica STEAM, que busca el desarrollo transversal en ámbitos particulares que siguen las disciplinas referidas en el mencionado acrónimo y traducidas al español: Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas, que hoy en Chile toma cada día más fuerza al interior de los establecimientos educacionales.

En Estados Unidos, por la necesidad de DARPA y NASA de contar con una masa crítica de profesionales suficientemente preparados para cubrir el requerimiento de recursos humanos calificados en los próximos 30 años que apoyen la carrera espacial y el desarrollo del país, se encargó a la Fundación Nacional para

<sup>26</sup> Director general Robotics Lab SCL y director ejecutivo Instituto STENAM-Chile.

la Ciencia (NSF) preparar programas de formación tecnológica para establecer principios, contenido y temáticas educativas extracurriculares para jóvenes.

De esta forma nace STEM (por sus siglas en inglés) es el acrónimo de los términos en inglés Science, Technology, Engineering and Mathematics (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas). Al pasar los años se incluye la A de Arte, quedando STEAM, junto al fomento de la innovación tecnológica basado en el constructivismo pedagógico.

Del mismo modo, la Fundación Nacional para la Ciencia de EE.UU, lanza las iniciativas Maker Space y Fablab, con lugares, espacios físicos, para generar un ecosistema favorable para el fomento de la creatividad, cuya meta era contar con 2 mil centros Maker en el mundo y así, generar una red colaborativa y reclutar talentos de otros países en caso de ser necesario.

Al mismo tiempo, lanzan FIRST Robotics Competition (FRC) que desde 1992 pretende inspirar a estudiantes de secundaria para que se conviertan en ingenieros, ofreciéndoles experiencias de trabajo con ingenieros profesionales a través de la construcción de un robot.

Esta iniciativa, en conjunto con la fundación FIRST (For Inspiration and Recognition of Science and Technology), ha generado hasta hoy más de 2 mil equipos en todo el mundo que cada año compiten en FRC. En Chile, al 2020 hay 2 equipos, sin embargo, los últimos años han finalizado dentro de los 10 primeros lugares del mundo en el torneo.

Las tres propuestas anteriormente indicadas -Maker Space, STEAM y FRC-, solucionan las tres etapas para acortar brechas tecnológicas, que serían acceso, conocimiento y especialización.

En Estados Unidos, al principio el crecimiento fue paulatino, pero los programas crecieron en la mayoría de los colegios y universidades, permitiendo así un nivel de conocimiento tecnológico transversal, junto a la habilitación de infraestructura adecuada para su desarrollo.

El éxito de estos programas cruzó las fronteras de EE.UU, llegando incluso a Chile hace 12 años, evidenciado con el primer Team en competir en FRC, "Corazón de Chileno", luego seguido con Cóndor For Robot, Pizza Mecánica, Los Chilis y otros más.

En Asia, en especial Japón como pionero en el desarrollo de tecnologías avanzadas y robótica, hace 30 años que comienzan los torneos y certámenes competitivos, pero el enfoque más bien fue dado en el ámbito técnico, en lograr avances tecnológicos y mejoras en el estado de la técnica.

Un ejemplo de aquello es Robo-One, la competencia de robótica bípeda, que básicamente, aborda unos de los problemas más complejos de la robótica humanoide que es replicar la marcha humana, al tiempo que el robot logra reconocer su entorno y tomar decisiones. Este tipo de competencias en Japón, nacen principalmente del ámbito privado, empresas; laboratorios y universidades, bajo el alero de asociaciones gremiales y comités de trabajo. Luego bajo directrices estatales, en donde ciertos sectores territoriales, ciudades, gozan de beneficios y se incentiva la creación de proyectos y empresas de ciertas tecnologías afines.

Robo-One Latinoamérica se realizó en Chile, por primera vez fuera de Asia, el 2019 y en 2020 se prepara para realizar la primera versión de la competencia con formato online, en donde los competidores podrán demostrar de manera simultánea y por videoconferencia, los avances en su robots. La comunidad de

Robo-One Latinoamérica en Chile posee 100 personas capacitadas en robótica bípeda.

Chile goza de lugares de privilegios por sus logros y resultados en FRC, Robo-One y en otras competencias de robótica y tecnologías. Si bien es cierto, aún existe una brecha tecnológica en relación a los países tradicionalmente más avanzados, ya las universidades han comenzado a disponer de laboratorios y lugares para el desarrollo de tecnologías innovadoras, al mismo tiempo, que paulatinamente, ha incorporado estos conocimientos al contenido curricular y mallas de estudios.

En Chile existe una comunidad alrededor de 200 mil profesionales y estudiantes con formación especializada que permite adquirir rápidamente conocimiento tecnológico avanzado.

Las universidades ya comienzan a trabajar en objetivos comunes, con programas a corto y mediano plazo, que permiten establecer contenidos avanzados junto con la creación de nuevas carreras de estudio como mecatrónica, telemática, bio ingeniería, diseño industrial y del mismo modo, trabajan en mejorar los contenidos de carreras como electrónica, programación, mecánica e informática. A lo anterior hay que agregar que se ha incentivado una creciente incorporación de mujeres a este tipo de carreras.

Hoy, prácticamente todas las universidades y los institutos de formación técnica más grandes en el país cuentan con centros tecnológicos y de innovación, básicamente siguiendo la tendencia mundial, no necesariamente asociados a un objetivo productivo o estrategia-país, salvo los centros especializados que han nacido al alero de programas, concursos o convocatorias especiales sectoriales.

Durante los últimos tres años, estos centros de universidades han ido adquiriendo tecno-

logía de manera paulatina, algunos con robots industriales y tecnologías para la manufactura avanzada, principalmente enfocados para el prototipado de productos utilizando fabricación digital avanzada. Impresoras 3D, cortadoras láser, router CNC, sistemas para fabricación de PCB con CNC, y elementos e insumos electrónicos cuentan con los recursos tecnológicos. Aun así, de manera comparativa, ningún centro de investigación o universidad en Chile tiene más tecnología y equipamiento, que la encontrada en un colegio normal en EE.UU o Japón.

Puede parecer impactante la situación de infraestructura tecnológica disponible del país. Es entendible, debido a que no existe un plan integrado y nacional para la producción o desarrollo de nuevas tecnologías o asociadas eficientemente a industrias o actividades estratégicas o básicas, que en ese caso, justificaría en gran medida su costo de implementación. Del mismo modo, asociado al contenido y conocimiento necesario que proporcionan las universidades, las que sin tener la tecnología, logran avanzar en la base científica principalmente.

La pandemia ha generado una nueva realidad también para las tecnologías. La necesidad de contar con capacidades tecnológicas avanzadas ha quedado en manifiesto, del mismo modo contar con conocimiento estratégico que permitan desarrollar situaciones contingentes. Por otra parte, se ha discutido en varios eventos y encuentros tecnológicos, la necesidad de especializar ciertos oficios y actividades claves para un país, y de esa manera, asegurar las capacidades productivas nacionales. Esto incentivará la adquisición de infraestructura, y acelera aún más la transferencia tecnológica acortando por ende la brecha del país, de manera más acelerada.

La comunicación es clave, sobre todo por la capacidad de articular redes y contenido de interés. Durante la pandemia han tomado mucha fuerza los medios de comunicación digitales, las plataformas que permiten centralizar la información y levantar temas de nicho y especializados, que son los que hoy, sobre todo la juventud está buscando.

Ejemplo de lo dicho es la Plataforma de Inteligencia Artificial al alcance de tod@s, desarrollada por Canal 13 con el propósito de generar contenidos y conversaciones en una agenda editorial enmarcada en la denominada Revolución Tecnológica 4.0. En #ia13 se han grabado y publicado hasta julio 2020 más de 150 videos con entrevistas a especialistas en disciplinas como la robótica, neurociencias, ciberseguridad, inteligencia artificial, ciencia de datos, biotecnología, astro-informática, nanotecnología, economía circular, big data, entre otros.

Este repositorio de información, con mensajes y recomendaciones es una tribuna de difusión y socialización tecnológica única en su tipo en el país.

Del mismo modo, otro medio de nicho que ha tenido gran auge en la pandemia es Radiodemente.cl, enfocada a la cultura pop y que ofrece, entre otros, programas especializados en ciberseguridad, con crónicas y entrevistas sobre temas contingentes y relevantes, especialmente para las comunidades especializadas.

Otro medio nacido en las redes sociales es Mecatrónica Latam, la comunidad creada en Chile de aficionados a la mecatrónica y robótica más grande del mundo. Tiene actualmente 2,2 millones de seguidores y es líder del idioma español, con publicaciones diarias de información avanzada y ha sido un excelente punto de encuentro para destacar contenidos y casos

de uso relevantes con tecnologías aplicadas en todo el mundo, sobre todo para el combate del Covid-19.

Durante la pandemia se ha lanzado STENAM, que es la evolución del referente STEAM, como se ha mencionado anteriormente. Es una iniciativa chilena para avanzar en un modelo educativo que adopte y difunda, ampliamente en la sociedad, estos nuevos principios toma forma como el primer Instituto STENAM de América Latina, con la promesa y el desafío de instalar en las nuevas generaciones la cultura del aprendizaje colaborativo y online permanente.

El acrónimo STENAM está basado en las seis palabras que identifican sus fundamentos: Science, Technology, Engineering, Nature, Arts, Mathematics.

Durante los meses de pandemia, se han cursado invitaciones a amplios referentes de la academia, de las organizaciones especializadas, municipalidades, colegios, entre otros, para sumarse y apoyar las acciones conducentes a una nivelación tecnológica mediante contenidos disponibles en la web. Además, ya se han comprometido en esta iniciativa embajadores en distintos países, de distintos continentes.

El Instituto STENAM es parte de la Fundación Chile Desarrolla, una ONG creada en enero del 2017 con los siguientes propósitos:

- Orientación a emprendedores, microempresas, Pymes
- Programa integral a 40 microempresas seleccionadas por comité de proyectos
- Programa de iniciación de emprendimiento a 5 ideas de negocio innovadoras
- Cursos y certificaciones en oficios y especializaciones específicas
- Charlas en colegios sobre la innovadora propuesta STENAM

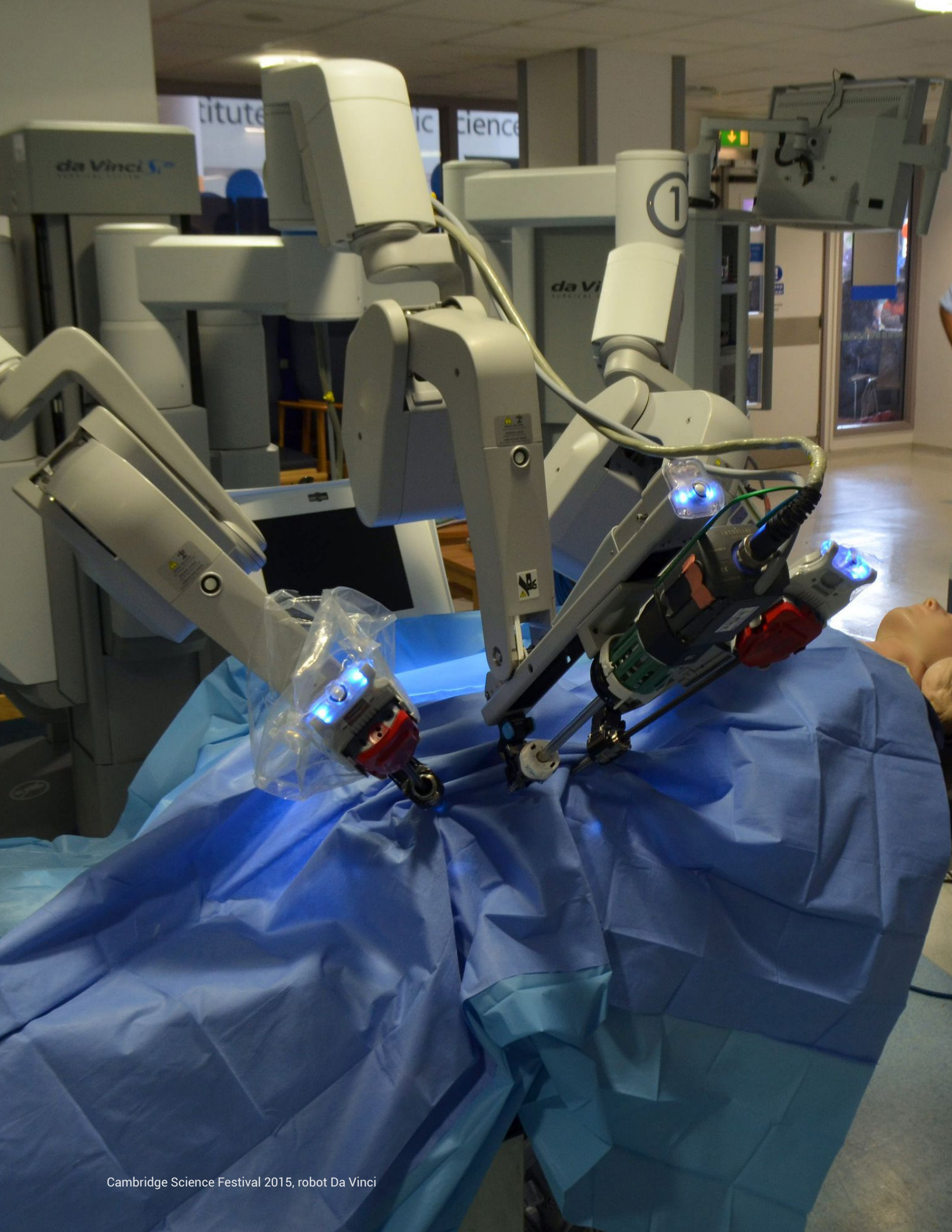
- Generar red de negocio para comercializar los productos y servicios

Un principio importante de la nueva propuesta ampliada STENAM es la distinción que se refiere al "aprendizaje integrado de distintas áreas del conocimiento". La integración transdisciplinaria define y promueve una metodología basada en nuevos descubrimientos de las neurociencias y de la inteligencia artificial.

El primer programa que ejecuta STENAM es de Exploradores tecnológicos, para incentivar a los jóvenes a "Descubrir la ciencia de la naturaleza" el lanzamiento se realizó junto a la Agrupación de Boy Scout de Chile, con la finalidad de generar programas de formación en:

- Robótica
- Energías renovables
- Telecomunicaciones
- Ciberseguridad
- Geología y geografía
- Arqueología
- Astronomía
- Salud

La re-evolución educativa que exigen los cambios disruptivos del siglo XXI implica desafíos para la comunicación y trabajo coordinado para los colegios, las universidades, las organizaciones, las empresas, las municipalidades, el Estado y todas las instituciones que deben renovarse en la sociedad digital de nuestros días. La robótica es integradora, distintas áreas de conocimiento se unen y complementan para lograr un objetivo común y de manera sincrónica, es un ejemplo de tecnología que hoy puede y debe incorporarse en los programas educativos desde los 3 años en adelante.



Cambridge Science Festival 2015, robot Da Vinci

# ¿Se puede aplicar la robótica industrial como solución de problemas de salud en un contexto de pandemia?

Por **Gloria Milena Henríquez Díaz**<sup>27</sup>

Según la definición publicada por la International Federation of Robotics (IFR), basado en la Norma ISO8373:2012, un robot industrial se define como un "manipulador multipropósito, reprogramable y controlado automáticamente, programable en tres o más ejes, que puede estar fijo en su lugar o ser móvil, para su uso en aplicaciones de automatización industrial". En otras palabras, están diseñados para que su programación y funciones sean cambiables sin tener que alterar su estructura física (reprogramable), se adapten a una aplicación diferente alterando sólo su sistema mecánico (multipropósito) y se pueda especificar el movimiento en modo lineal o giratorio en las direcciones

deseadas (ejes)<sup>28</sup>. Estos robots pueden realizar distintos tipos de movimientos según las funciones para las que son programados, como mover piezas, herramientas, materiales, etc., ya sea en movimiento o posición fija, y su objetivo principal es el uso en la industria<sup>29</sup>.

Dentro de las principales características de los robots industriales está la velocidad de trabajo, lo que se traduce en el aumento del rendimiento en la línea de producción y, por ende, de la productividad. Con la repetición en forma precisa de sus movimientos y la posibilidad de instrumentar control de calidad, mejora la calidad de los productos fabricados. Además, con ellos se puede optimizar el rendimiento de otros equipos relacionados con su labor y genera menos pérdidas de material residual. Su resistencia a condiciones adversas, le permite trabajar en ambientes peligrosos para una

<sup>27</sup> PhD. Ing. Mención Automática, MSc. Ing. Mención Ingeniería Eléctrica, MSc. Epidemiología Clínica, Médica Cirujana e Ingeniera Civil en Electricidad, Vicepresidenta Especialidad Eléctrica del Colegio de Ingenieros, Gerenta de Innovación en empresa de telemedicina, 16 años experiencia clínica.

<sup>28</sup> International Federation of Robotics (IFR); "WR Industrial Robots Chapter 1"; 2019; pág 23. En: <http://bcn.cl/2k20b>

<sup>29</sup> U. de Santiago Virtual; "Robótica industrial: Antecedentes generales". En: <http://bcn.cl/2k20d>

persona, por ejemplo, temperaturas elevadas, gases tóxicos, materiales radiactivos e inflamables, incluso en el espacio o bajo el mar<sup>30</sup>.

Según su estructura mecánica, este tipo de robots se clasifica en<sup>31</sup>:

- Cartesiano: su brazo tiene tres articulaciones prismáticas y sus ejes están correlacionados con un sistema de coordenadas cartesianas.
- SCARA: tiene dos articulaciones rotativas paralelas para proporcionar conformidad en un plano.
- Articulado: su brazo tiene al menos tres articulaciones giratorias.
- Paralelo/Delta: sus brazos tienen articulaciones prismáticas o rotativas concurrentes.
- Cilíndrico: sus ejes forman un sistema de coordenadas cilíndricas.
- Otros.
- No clasificados.

## Actualidad de la robótica industrial en Chile

La robótica industrial en Chile se encuentra en diversos sectores, tales como minería, agricultura, alimentos, manufactura, forestal, entre otros sistemas productivos, tomando cada vez más importancia no solo por todo lo que se puede hacer, sino que también por su versatilidad. A modo de ejemplo, en la gran minería se han implementado cargadores frontales y robots teleoperados que, junto con vehículos autónomos, hacen más eficiente la faena,

---

<sup>30</sup> U. de Santiago Virtual; "Robótica industrial: Objetivos de la robótica industrial". En: <http://bcn.cl/2k20e>

<sup>31</sup> *Ibíd.* 28; pág 24-25.

producen reducción de costos y mejoran la seguridad de los trabajadores, mientras que en la agroindustria los robots móviles trabajan en ambientes hostiles evitando que los trabajadores se expongan a pesticidas u otros agentes nocivos. Pero la robótica industrial no solo se ha circunscrito a las áreas antes mencionadas, sino que también ha penetrado en salud, medioambiente, educación y entretención, a pesar de lo cual, la brecha con países desarrollados y con otros países de Latinoamérica sigue siendo importante<sup>32,33,34</sup>.

A nivel estatal, instituciones dependientes del Ministerio de Economía como la Corporación de Fomento de la Producción (Corfo) han tenido un rol importante en la inclusión de este tipo de tecnologías en el país, ya que uno de sus objetivos es conseguir que los avances necesarios para el desarrollo y que se encuentran disponibles a nivel internacional, lleguen a Chile a través de alianzas de distinto tipo: desarrollo tecnológico y transferencia tecnológica desde países líderes, inversión extranjera y producción tecnológica de calidad con un bajo costo. Además, el concepto de que los robots dentro de una empresa deben trabajar en forma coordinada y la interoperabilidad entre ellos son temas que no ha estado ajenos a este tipo de industria<sup>35</sup>.

Pero la industria no solo ha ido adoptando e importando la robótica industrial para los procesos productivos, sino que comenzó a desarrollar comercialmente hace aproximadamente 20 años, enfocándose principalmente a tareas

---

<sup>32</sup> Alejandra Melo; "Reportajes: Robótica industrial expande sus áreas de aplicación"; Revista Business Chile; 30 junio 2017. En: <http://bcn.cl/2k20h>

<sup>33</sup> Francisco Calderón, Allan Lüders; "Robots para la industria: Una realidad con futuro en Chile"; Revista Electroindustria; Enero 2015. En: <http://bcn.cl/2k20i>

<sup>34</sup> Asexma Capacita; "Desarrollo de robótica en Chile beneficiaría a sector minero, agrícola y forestal"; 2013. En: <http://bcn.cl/2k20j>

<sup>35</sup> *Ibíd.* 32



como paletizado, empaçado y soldadura, sobre todo en la industria alimentaria, debiendo mantener estándares internacionales de calidad, higiene y seguridad. En esto, el Estado también ha tenido un rol, apoyando las alianzas público-privadas, la creación de laboratorios de robótica, la creación de prototipos y desarrollo de robots. Comparativamente con otros países de la región, como Argentina o Brasil, el número per cápita todavía es bajo<sup>36,37</sup>.

A pesar de que existiría un déficit de capital humano de 6 mil profesionales al año, su calidad sería la adecuada para el manejo de las tecnologías relacionadas<sup>38</sup>. En este sentido, la educación superior tiene una responsabilidad fundamental. En las universidades chilenas, la robótica está presente sobre todo en programas académicos destinados específicamente a la enseñanza de esta disciplina<sup>39,40</sup> o como parte de asignaturas dentro de otros programas relacionados principalmente al área de ingeniería eléctrica/electrónica, tanto en pregrado como en postgrado<sup>41,42</sup>. La implementación de laboratorios u otras instalaciones para diseño, desarrollo, implementación y prototipado de los distintos proyectos<sup>43</sup>, junto con el trabajo de académicos expertos en el área, son la base de un aprendizaje adecuado.

Estas instituciones, además, realizan otras actividades relacionadas, como investigaciones conducentes a publicaciones científicas y pa-

tentamiento de los productos desarrollados<sup>44</sup>, además de vinculación con el medio para dar a conocer la robótica a la sociedad<sup>45</sup>.

## Aplicación en salud y en un contexto de pandemia

Cuando se habla de robótica en medicina, es frecuente que el primer pensamiento sea la cirugía robótica, como la que se realiza con el robot Da Vinci, cuyo desarrollo a nivel mundial ha sido importantísimo, sobre todo por la inclusión de herramientas como visión 3D amplificada, manejo simultáneo de cuatro instrumentos, reducción de tamaño del instrumental, todo manejado por el cirujano desde una consola<sup>46</sup>. Pero la realidad es mucho más tangible, cercana y antigua, puesto que la industria farmacéutica y de insumos médicos llevan la delantera hace años, no solo en el extranjero, sino que también en Chile.

En la industria farmacéutica todos los procesos deben estar muy controlados, con medidas de seguridad, higiene y pruebas de calidad exhaustivas, necesitando tecnología que opere de forma efectiva. La integración entre robots colaborativos y trabajo manual puede ser muy necesaria, implicando una adecuada interacción con las personas. En este tipo de industria, las ventajas del uso de robots radican principalmente en su versatilidad, agilidad, seguridad, cumplimiento de estándares de higiene, precisión, exactitud, niveles de productividad y calidad de los productos. De esta forma, los brazos robóticos pueden hacer tareas muy diversas, como manipulación en entornos delicados, montaje, supervisión de maquinaria

<sup>36</sup> Ibid. 33

<sup>37</sup> Ibid. 32.

<sup>38</sup> Ibid. 32

<sup>39</sup> Universidad Andrés Bello; "Ingeniería en Robótica y Automatización". En: <http://bcn.cl/2k20r>

<sup>40</sup> Universidad Técnica Federico Santa María; "Técnico Universitario en Robótica y Mecatrónica". En: <http://bcn.cl/2k20t>

<sup>41</sup> Universidad de Chile; "Laboratorio de Robótica". En: <http://bcn.cl/2k20u>

<sup>42</sup> Universidad Técnica Federico Santa María; "Doctorado en Ingeniería Electrónica (PhD)". En: <http://bcn.cl/2k20w>

<sup>43</sup> Ibid. 32.

<sup>44</sup> Universidad de Santiago de Chile; "Investigadores USACH patentan robot manipulador tolerante a fallas para procesos productivos". En: <http://bcn.cl/2k20y>

<sup>45</sup> Universidad de Santiago de Chile; "Innovaciones tecnológicas de la Universidad de Santiago destacan en Festival del Robot". En: <http://bcn.cl/2k21z>

<sup>46</sup> Ibid. 32.

y control de calidad<sup>47</sup>. En Chile, varios laboratorios farmacéuticos tienen plantas productoras de medicamentos, los cuales han tenido que ir modernizando sus tecnologías y formas de trabajar acorde a los tiempos.

Pero ¿qué ha sucedido con la pandemia de Covid-19? En febrero de 2020, la Asociación Industrial de Laboratorios Farmacéuticos de Chile (ASILFA), que reúne a 12 empresas farmacéuticas presentes en el país, publicó en su sitio web: "Ante el Covid-19 la industria farmacéutica con planta de producción local es estratégica para mantener tratamientos de pacientes crónicos", esto porque las farmacéuticas que tienen plantas de fabricación dentro del país, permiten el abastecimiento local, lo cual tiene una gran trascendencia, sobre todo si se considera que uno de los principales clientes es el Estado, el que destina estos productos principalmente a hospitales y atención primaria<sup>48</sup>. Cabe destacar que en Chile gran parte de la población se atiende en el sistema público de salud.

El ámbito de los insumos médicos es muy variado, incluyendo productos textiles (ropa clínica y hospitalaria), insumos como jeringas, bajalenguas, pecheras plásticas, guantes, etc., además de ayudas técnicas (andadores, sillas de ruedas, bastones y colchones antiescaras) y otros más sofisticados (como elementos para cirugías). En los catastros realizados por el Colegio Médico de Chile durante la pandemia de Covid-19 la falta de insumos básicos catalogados como elementos de protección personal (es decir, mascarillas, antiparras, pecheras y

guantes) ha sido un problema mayor<sup>49</sup>, el cual ha debido resolverse pagando altos precios por su importación desde el extranjero<sup>50</sup>, con lo que se demuestra que la fabricación local de algunos de estos elementos es prácticamente nula.

Más allá de los casos previamente expuestos, hay un fenómeno nuevo que se produjo como consecuencia de la pandemia y de la necesidad de dar soporte vital a los enfermos de mayor gravedad. Tal es el caso de la exploración e incursión en salud de empresas que se habían dedicado a ámbitos de la industria bastante diferentes y que ahora fueron protagonistas con el desarrollo de ventiladores mecánicos. Así, empresas chilenas fabricantes de robots y soluciones de automatización para procesos como manipulación de materiales, paletizado, empacado, etc., ahora se atrevieron a tomar el conocimiento entregado por instituciones como el Massachusetts Institute of Technology (MIT) para fabricar este tipo de equipos en tiempo récord, teniendo además consideraciones como filtros para evitar que se contagiara el personal de salud, autonomía eléctrica en caso de fallas en el suministro de energía, control de presión y volumen de aire<sup>51,52</sup>. Pero las universidades tampoco se quedaron atrás y varias de ellas también se aventuraron en diseñar y fabricar sus propios ventiladores mecánicos, siendo probados en distintas instituciones de salud.

---

<sup>47</sup> Universal Robots; "Farmacéutica y química"; 2020. En: <http://bcn.cl/2k213>

<sup>48</sup> Asilfa; "Ante covid-19 Industria farmacéutica con planta de producción local es estratégica para mantener tratamientos de pacientes crónicos"; 04 febrero 2020. En: <http://bcn.cl/2k215>

<sup>49</sup> Colegio Médico de Chile; "Encuesta COVID-19: 75% de equipos de salud revelan falta de elementos de protección personal". Abril 2020. En: <http://bcn.cl/2k218>

<sup>50</sup> Senado, República de Chile; "Carencia de insumos médicos: Cenabast responde a Comisión de Salud"; 15 abril 2020. En: <http://bcn.cl/2k219>

<sup>51</sup> Portal Innova; "Empresa chilena pionera en robótica fabrica respiradores mecánicos para apoyar en la emergencia sanitaria"; 7 julio 2020. En: <http://bcn.cl/2k21a>

<sup>52</sup> PAT Industrial Solutions. "Noticias". En: <https://patindustrial.com/>

## Propuestas

Para enfrentar un contexto de pandemia, la capacidad instalada de la robótica industrial en Chile es variable dependiendo de los productos que necesiten los equipos de salud y las instalaciones sanitarias. La industria farmacéutica está presente en el país hace más de 100 años y ha ido modernizando su forma de trabajo permanentemente. No obstante, hay que asegurarse de que siempre cuente con tecnología de punta y profesionales idóneos que nos permitan seguir preparados si es que en el futuro debemos vivir en un escenario mundial similar al actual. Una realidad muy distinta es la de los insumos, los cuales dejaron en evidencia que el mercado mundial no fue capaz de satisfacer las necesidades y que a nivel nacional no se contaba con la capacidad de fabricación para dar una respuesta adecuada. Esto último no puede volver a pasar y se debe encontrar la forma de fortalecer la industria nacional con tecnología moderna para disminuir la dependencia de la producción extranjera.

Una mención destacada la tienen las fábricas de robots industriales que se atrevieron a dejar lo que estaban acostumbrados a hacer para incursionar en un área totalmente nueva produciendo ventiladores mecánicos. Esa parte de la industria también se debe potenciar, no solo por la existencia de una pandemia, sino que porque hay un sinnúmero de otras problemáticas en salud que podrían resolverse con este tipo de iniciativas. Es deber de la sociedad hacer que estos desarrollos perduren en el tiempo. Tal vez, sea esta misma área la que consiga crear otros productos que disminuyan el peligro para el personal de salud en la atención directa de los pacientes.

La presencia de la robótica en la academia (sobre todo como parte de la educación formal), se traduce en que existe un grupo de profesio-

nales con conocimiento y habilidades desarrolladas en este ámbito, por lo tanto, el país cuenta con el recurso humano para manejar nuevos desafíos. El conocimiento ahí generado y los profesionales especializados en diversas disciplinas deben comunicarse entre ellos y, además, articular su trabajo con la industria, para así incursionar en áreas distintas a las que habitualmente estamos acostumbrados a ver.

La pregunta final que se plantea es ¿por qué esperar la próxima pandemia para desarrollar tecnología en Chile o adaptar la existente?

PUDU



Robot Pudú en operación al interior del Hospital Clínico de la Universidad de Chile

# Robótica aplicada a la teleasistencia emocional de pacientes en aislamiento con SARS-CoV-2

Por **Verónica Vargas-Araya**<sup>53</sup>, **Mauricio Salazar**<sup>54</sup>, **Javier Ruiz del Solar**<sup>55 56</sup>, **Ulises Campodónico**<sup>57</sup>, **Nicolás Marticorena**<sup>58</sup>, **Giovanni Pais**<sup>59</sup>, **Rodrigo Salas**<sup>60</sup>, **Pablo Alfessi**<sup>61</sup>, **Víctor Contreras**<sup>62</sup>, **Javier Urrutia**<sup>63</sup>

La situación actual de pandemia por Covid-19 nos ha llevado a cambios en los paradigmas de atención en salud, dado que la actividad asistencial convencional se ha convertido en sí misma una situación de alto riesgo de con-

tagio. Los cambios en este sentido han sido oportunos y necesarios: uso de mascarillas, antiparras, escudos faciales, pecheros plásticos y cubrecalzados se convirtieron rápidamente en la vestimenta de trabajo obligatoria para todo tipo de actividades, incluso aquellas que no revestían riesgo de contagio alguno en tiempos de antigua normalidad; la limitación del tiempo de atención por el riesgo exponencial de contagios ha sido una constante de precaución para el personal, evitando acciones antes rutinarias y necesarias que pudiesen convertirse en un importante foco de infección, y, por último, la interacción del personal, tanto entre sí como hacia pacientes y sus propias familias, se ha reducido a la mínima expresión.

La salud emocional no ha quedado exenta de esta situación pandémica; ha sido golpeada desde un principio en pacientes, familiares, personal de salud y comunidad, sea por todos los síntomas producidos directamente por Covid-19, o por los síntomas que produce una situación de hospitalización prolongada, de aislamiento, de temor al contagio y de cambios en las exigencias y formas de atención por parte del personal de salud. Las cifras son

<sup>53</sup> Hospital Clínico de la Universidad de Chile

<sup>54</sup> Hospital San Juan de Dios

<sup>55</sup> Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Chile

<sup>56</sup> Centro Avanzado de Tecnología para la Minería, Universidad de Chile

<sup>57</sup> Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Chile

<sup>58</sup> Ibid. 55

<sup>59</sup> Ibid. 55

<sup>60</sup> Ibid. 55

<sup>61</sup> Ibid. 55

<sup>62</sup> Ibid. 57

<sup>63</sup> Ibid. 55

alarmantes: las investigaciones al respecto, como la realizada por Vindegaard et al (2020) nos dan cuenta de hasta un 92% de trastornos por estrés postraumático, 56% de trastornos de ansiedad generalizada, incrementó en más de un 30% de cuadros depresivos mayores y de 37% de trastornos alimentarios en pacientes infectados por Covid-19. El personal de salud también ha sido afectado de manera significativa en la esfera emocional, tal como se destaca en varios estudios publicados (Vindegaard et al, 2020; Walton, 2020; Tsamakidis, 2020; Giallonardo, 2020), donde aproximadamente el 35% presenta síntomas ansiosos, 20% síntomas depresivos, el 21 a 32% de ellos manifiestan trastornos del sueño y 18% trastorno por estrés postraumático.

El impacto que esto tiene en la salud emocional ha hecho necesario buscar soluciones rápidas y efectivas a la necesidad de dar continuidad a la atención, pero con menor riesgo de exposición a contagio de Covid-19; con disminución de utilización de elementos de protección personal (EPP) y el consecuente cuidado del medioambiente mediante la reducción de desechos plásticos; manteniendo un trabajo de calidad y de efectividad en la esfera emocional.

Esto nos lleva a pensar en ideas para tecnologizar algunos procesos en pos de destinar de mejor manera los recursos profesionales, materiales y de espacios físicos, con menor riesgo de contagio. Existen diversos procesos creados para la atención a distancia de pacientes, y uno de ellos es la teleasistencia, considerada como la provisión de servicios asistenciales a distancia y que involucra en salud actividades tales como promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación (MINSAL, 2018). Esta modalidad de atención de salud a distancia se realiza hace más de dos décadas en Chile, incluyendo cambios a nivel del cuerpo legal que rige las

atenciones de salud en Chile, como consta en la Resolución 204 del MINSAL de marzo de este año (MINSAL, 2020), donde se permite la atención de salud mental, tanto de psicología como psiquiatría, mediante teletrabajo.

Con la pandemia de SARS-CoV2 ya instaurada en nuestro país, se exige dar una respuesta a la altura de la situación. Aquí aparece la robótica aplicada a la salud como una de las mejores respuestas que permite integrar las atenciones de salud emocional por vías de telepresencia y teleasistencia.

Existe gran evidencia a nivel mundial sobre el uso de la robótica en acciones de salud, abarcando tareas de tipo intervencional, asistencial, terapéuticas, de apoyo diagnóstico y toma de decisiones (Lanza et al, 2020; Perle et al, 2020; Becevic et al, 2015; Danesh et al, 2019; Robinson et al, 2019; Robinson et al, 2020). Por otra parte, la principal asociación de profesionales de robótica del mundo, el IEEE Robotics and Automation Society, creó un consorcio que coordina y fomenta el uso de la robótica en el combate de las enfermedades infecciosas<sup>64</sup>.

Desde noviembre de 2019 a julio 2020, y en relación al SARS-CoV2, el uso de la teleasistencia y la robótica han aumentado a nivel mundial, lo que da luces de que esto podría ser la respuesta correcta a la problemática de la atención de pacientes en aislamiento, por lo que promover la aplicación de dispositivos robóticos en salud es lo que daría un salto de calidad y protección en relación a los cuidados en esta pandemia.

En Chile, en particular, no existe evidencia ni conocimiento de la usabilidad y aplicaciones de la robótica asistencial, es decir, del uso de dispositivos autónomos o teleoperados que pudiesen atender o crear un puente entre

---

<sup>64</sup> Robotics for Infectious Diseases:  
<http://roboticsforinfectiousdiseases.org/index.html>

profesional de la salud y paciente. Por ello la creación y desarrollo de un robot social, Pudú, para dar respuesta a esos objetivos y su aplicación en modalidad sincrónica y en dispositivos hospitalarios son únicas y pioneras, lo que sienta un precedente relevante para su difusión y masificación, y a través de esto documentar una atención segura, eficaz, de calidad y oportuna a los pacientes que lo necesiten.

### **Pudú: robot de teleasistencia para pacientes con aislamiento**

El robot Pudú fue diseñado y desarrollado por un equipo interdisciplinario de profesionales e investigadores chilenos, para facilitar la comunicación, en modalidad telepresencia, de pacientes con profesionales de la salud y con sus familiares.

Pudú fue desarrollado en un tiempo récord de ocho semanas, proceso que incluyó su diseño, construcción, validación y puesta en marcha en el Hospital Clínico de la Universidad de Chile. Las claves de este éxito radican en el trabajo interdisciplinario entre psicointesivismo, neurología e ingeniería, el fuerte compromiso del equipo de desarrollo, formado por investigadores y estudiantes de ingeniería con experiencia previa en el diseño y construcción de robots, y visitas periódicas de validación al hospital, donde se analizaron aspectos de desplazamiento, usabilidad y sanitización del robot. Pudú en estos momentos se encuentra operando en el Hospital Clínico de la Universidad de Chile, con un protocolo de uso aprobado por la institución.

Los principales criterios de diseño para Pudú fueron simplicidad, facilidad de operación por parte de personal de salud (el entrenamiento en su uso debía durar menos de cinco minutos), capacidad de ser operado y transportado

por una sola persona, bajo costo de construcción y sanitización simple luego de cada intervención. Este último aspecto tuvo implicancias en su estructura y en los materiales usados para su construcción: cuerpo exterior de aluminio compuesto HPCbond® y manillas de polietileno de alta densidad.

Su operación es del tipo teleoperación asistida: el robot es teleoperado por un usuario, pero internamente el robot verifica los comandos recibidos y los modifica ante la eventualidad de colisionar con algún obstáculo (idea similar a la del manejo asistido en automóviles comerciales). La detección de obstáculos se logra mediante el procesamiento de los datos obtenidos por una cámara capaz de medir distancia (cámara RGB-D). El modo de operación autónoma, donde el robot internamente toma todas sus decisiones, fue descartado, pues se requiere mapas previamente construidos de los recintos donde el robot se desplazará, así como la ubicación exacta de los pacientes en estos mapas. Se consideró que esto restaba flexibilidad a la operación del robot.

En la figura 1 se muestra a Pudú. El robot está compuesto por una plataforma móvil comercial y un poste, en cuya parte superior se encuentran el dispositivo de comunicación (tablet), micrófonos con capacidad de cancelar ruido, parlantes y una cámara de tipo RGB-D para medir distancias. El cuerpo del robot posee formas simples para una fácil sanitización y dos manillas para que pueda ser levantado por una persona. Pudú mide 1,3 metros de altura, pesa 10 kilogramos y sus baterías internas permiten una operación ininterrumpida de cuatro horas.



Figura 1. Robot Pudú.

Pudú es teleoperado un control inalámbrico de videojuego Xbox. El tablet de Pudú se comunica directamente con el dispositivo que el usuario elija para esto (teléfono móvil o una tablet), ya sea mediante redes 4G o WiFi. El control de videojuegos permite desplazar y rotar al robot, así como controlar el ángulo de inclinación de la pantalla de la tablet en tiempo real, de tal forma de facilitar la interacción con el paciente.

Pudú integra dispositivos electrónicos comerciales (plataforma móvil, microcontroladores, sensores, motores, baterías, etc.) de fácil adquisición y materiales que permiten una fabricación rápida de sus componentes. Por lo mismo su construcción se puede realizar en dos días. En estos momentos se está finalizando la construcción de dos nuevos robots Pudú.

## Sobre la utilización de Pudú durante la emergencia de Covid-19

De acuerdo al protocolo desarrollado y pre-establecido, acceden a modalidad de teleasistencia los pacientes en aislamiento que requieran de atención en la esfera de la salud emocional. Este requerimiento de atención puede surgir por una solicitud espontánea del paciente, como también por indicación del equipo tratante que lo estime conveniente. No existen procedimientos invasivos o necesidad de contacto físico, sino más bien evaluación y terapia de salud emocional a través de telepresencia. Esta atención queda supeditada a la coordinación del uso de Pudú por parte del equipo de salud emocional de la Unidad de Pacientes Críticos, que evalúa pertinencia del caso, disponibilidad de operadores y disponibilidad del robot.

Al momento del encuentro entre el robot y el paciente, se necesita un espacio con ruido moderado y luz adecuada, para permitir la mayor privacidad que se pueda otorgar. Iniciada la conexión, el profesional se presenta y propone en primer lugar la autorización verbal (si pudiese) del paciente para acceder a la atención mediante este dispositivo. Ante una respuesta positiva, se continúa con el encuadre de la atención (objetivos; duración; tipo de atención; espacio para preguntas o cierre, en el caso de teleasistencia de salud emocional, y espacio definido para despedida en caso de telepresencia). Se explicita que no se hará uso de grabaciones ni videos de paciente ni de familiares, y que la atención no podrá ser grabada por el paciente o sus familiares dado el contexto legal que esto conlleva, lo que está establecido en la normativa de la Carta de Derechos y Deberes del Pacientes (MINSAL, 2012).



La atención se realiza lo más estandarizada posible, con las diferencias que pudiese presentar cada caso en particular, sobre todo en lo que respecta a salud emocional, con el fin de mantener un buen correlato interobservador. Al finalizar la atención, el profesional realiza un breve resumen al paciente y/o al equipo tratante, registra en la ficha clínica electrónica o en archivo afín, se da por finalizado el encuentro y se agenda la próxima teleconsulta o control. La atención realizada también queda registrada en la "hoja de vida funcionaria", que corresponde al registro de Pudú en todas sus intervenciones.

Toda la información entregada en formato teleasistencia goza de la misma confiabilidad, seguridad y confidencialidad que en formato presencial, dado que el robot se comporta como un dispositivo de comunicación entre el terapeuta y paciente, que cumple con estándares éticos ampliamente difundidos en robótica y salud en la literatura (Deng B., 2015; Sawyer, 2007; van Wynsberghe, 2018; Iosa M et al, 2018). Bajo tal punto, el operador es quien discrimina si se dan las condiciones para que esto ocurra, y en caso de tener algún tipo de reparo o indicios de que lo anteriormente descrito no es posible de asegurar, se debe suspender la sesión hasta que se den las condiciones mínimas para realizar la atención.

Los dispositivos de atención remota están aprobados para atención psicológica por parte del Ministerio de Salud, asegurando también la preservación y mantención de confidencialidad y seguridad de la información. Sumado a lo anterior, todo paciente entrega un consentimiento informado, el cual asegura su participación voluntaria en esta modalidad de atención, como también la posibilidad real de suspender o retirarse de la atención cuando lo desee.

En cuanto a los resultados del quehacer clínico de Pudú y la interacción de pacientes con la profesional psico intensivista, se pueden rescatar los siguientes aspectos:

Pudú ha demostrado un excelente desplazamiento por el área de salas críticas del hospital facilidad en la aproximación a la cama de los pacientes y una perfecta visibilidad de los mismos al poder modificar vía remota la inclinación de la pantalla que sostiene el intercambio de imagen. Asimismo, el micrófono y audífono incorporados actúan como facilitadores de comunicación que logran que el paciente y la psicóloga tengan una escucha adecuada. Cabe destacar que desde que comenzó sus funciones, Pudú no ha tenido percances en su desplazamiento, ya que logra disminuir velocidad o frenar al aproximarse a obstáculos o cuando personal clínico se cruza por su trayecto.

Hasta la fecha, la totalidad de los pacientes ha accedido vía consentimiento a realizar una atención de salud mental con la psicóloga de la unidad mediante el uso de Pudú. Ellos demuestran las mismas actitudes y afectos positivos de tipo curiosidad, sorpresa, alegría y motivación al encontrarse con Pudú, y expresan felicidad al poder visualizar el rostro de la profesional a través de la pantalla del robot y poder mantener un encuentro sin la presión de la limitación del tiempo. Además, los pacientes atendidos presentan la tendencia a solicitar nuevos encuentros con Pudú, expresando alta satisfacción y contención emocional, y agradecen el contacto rápido y privado que el robot brinda con sus familiares que se encuentran en sus hogares.

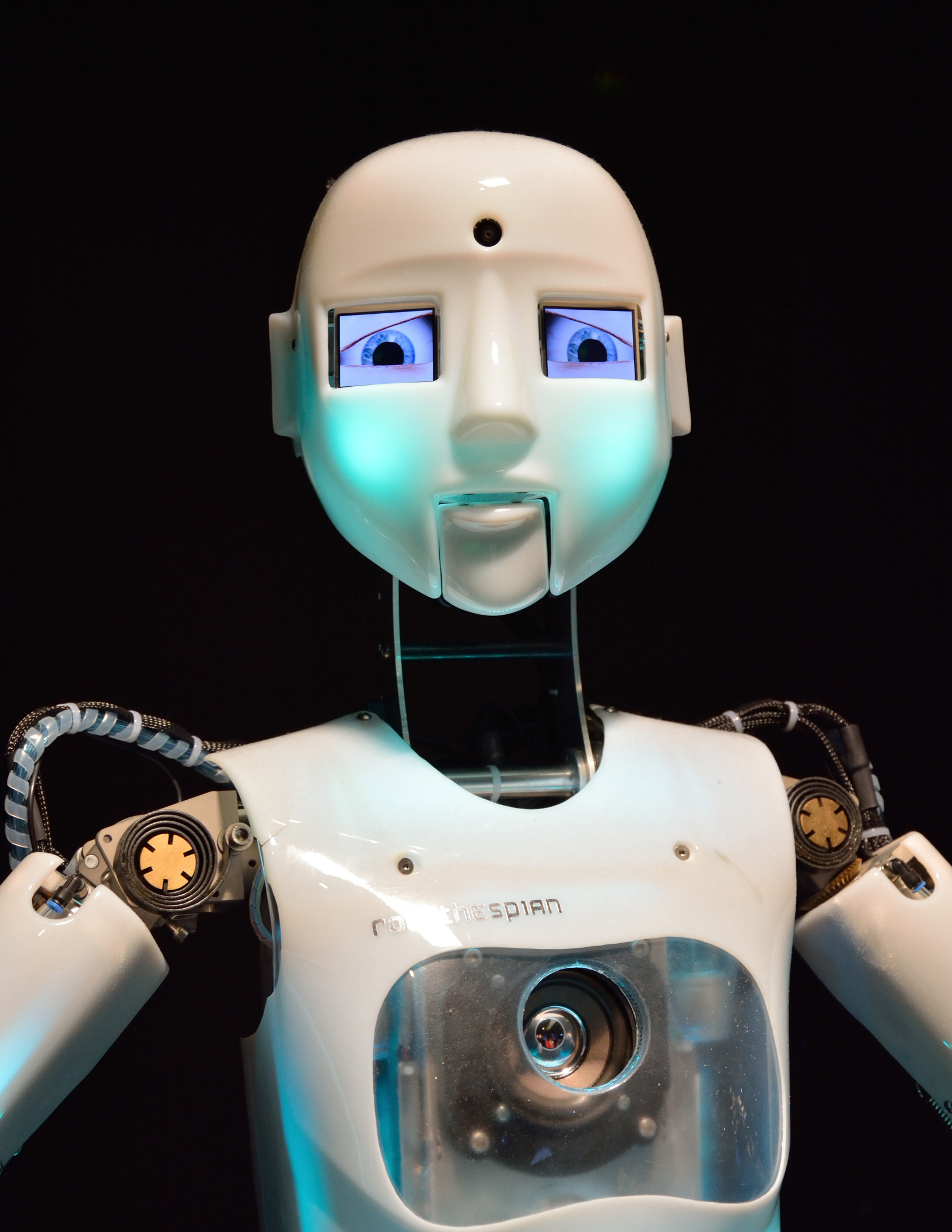
Sin embargo, Pudú no solo despierta emociones en los pacientes, sino también en el equipo de salud. Durante su desplazamiento por los pasillos del hospital, el robot logra que

los funcionarios expresen sentimientos de alegría, manifestando comentarios asociados a su aspecto y brindándole características humanas tales como "es tan lindo, es como si me mirara", o "me ha puesto nerviosa, me gustaría abrazarlo", acercándose o siguiéndolo para observar con más detalle, presentando la tendencia a sacar sus teléfonos para tomarle fotos o sacarse "selfies" junto a él. La mayoría de las expresiones que ha capturado Pudú son positivas, la mayoría asociadas a que es una "excelente respuesta para cuidar psicológicamente a nuestros pacientes", ejemplo expresado por una funcionaria cuando se encontró con el robot.

Cabe destacar que la profesional que opera a Pudú también ha experimentado emociones positivas durante el tiempo que le ha acompañado en sus labores de teleasistencia psicológica, ya que ha logrado extender atenciones a un promedio de 45 minutos y el hecho de visualizar cómo Pudú afecta positivamente el clima del hospital con su presencia, también le genera satisfacción personal.

## Bibliografía

- Becevic M, Clarke MA, Alnijoumi MM, et al. Robotic Telepresence in a Medical Intensive Care Unit--Clinicians' Perceptions. *Perspect Health Inf Manag.* 2015;12(Summer):1c.
- Danesh V, Rolin D, Hudson SV, White S. Telehealth in Mental Health Nursing Education: Health Care Simulation With Remote Presence Technology. *J Psychosoc Nurs Ment Health Serv.* 2019;57(7):23-28.
- Deng B. Machine ethics: The robot's dilemma. *Nature.* 2015;523(7558):24-26.
- Giallonardo V, Sampogna G, Del Vecchio V, et al. The Impact of Quarantine and Physical Distancing Following COVID-19 on Mental Health: Study Protocol of a Multicentric Italian Population Trial. *Front Psychiatry.* 2020;11:533. Published 2020 Jun 5.
- Iosa M, Morone G, Cherubini A, Paolucci S. The Three Laws of Neurorobotics: A Review on What Neuro-rehabilitation Robots Should Do for Patients and Clinicians. *J Med Biol Eng.* 2016;36:1-11.
- Lanza F, Seidita V, Chella A. Agents and robots for collaborating and supporting physicians in healthcare scenarios [published online ahead of print, 2020 Jun 27]. *J Biomed Inform.* 2020;108:103483.
- MINSAL 2018, Programa Nacional de Telesalud En el contexto de Redes Integradas de Servicios de Salud. Subsecretaría de Redes Asistenciales recuperado de <http://bcn.cl/2k253>
- MINSAL, 2012. Derechos y Deberes de las Personas en Atención de Salud; Acciones Vinculadas a la Atención en Salud; Atención en Salud; D.F.L. no. 1, Ministerio de Justicia, 2000; Ley no. 20.584. Recuperado de <http://bcn.cl/2k254>.
- MINSAL, 2020, Subsecretaría de Salud Pública. Modifica resolución exenta no 277/2011, del Ministerio de Salud, que aprobó las normas técnico administrativas para la aplicación del arancel del régimen de prestaciones de salud del LIBRO II DFL NO 1, del 2005, del Ministerio de Salud, en la modalidad de libre elección (Resolución) Núm. 204.- Santiago, 24 de marzo de 2020. Recuperado desde <http://bcn.cl/2k255>
- Perle JG, Langsam LC, Nierenberg B. Controversy clarified: an updated review of clinical psychology and tele-health. *Clin Psychol Rev.* 2011;31(8):1247-1258.
- Robinson NL, Connolly J, Hides L, Kavanagh DJ. Social robots as treatment agents: Pilot randomized controlled trial to deliver a behavior change intervention. *Internet Interv.* 2020;21:100320.
- Robinson NL, Cottier TV, Kavanagh DJ. Psychosocial Health Interventions by Social Robots: Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *J Med Internet Res.* 2019;21(5):e13203.
- Sawyer RJ. Robot ethics. *Science.* 2007;318(5853):1037.
- Tsamakis K, Rizos E, Manolis AJ, et al. COVID-19 pandemic and its impact on mental health of health-care professionals. *Exp Ther Med.* 2020;19(6):3451-3453.
- van Wynsberghe A, Donhauser J. The Dawning of the Ethics of Environmental Robots. *Sci Eng Ethics.* 2018;24(6):1777-1800.
- Vindegaard N, Benros ME. COVID-19 pandemic and mental health consequences: Systematic review of the current evidence [published online ahead of print, 2020 May 30]. *Brain Behav Immun.* 2020;S0889-1591(20)30954-5.
- Walton M, Murray E, Christian MD. Mental health care for medical staff and affiliated healthcare workers during the COVID-19 pandemic. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care.* 2020;9(3):241-247.



ROSE

# La promesa de los robots en los tiempos del Covid-19: Desafíos y oportunidades para Chile

Por: **Matías Mattamala**<sup>65 66</sup>

La promesa de los robots como un medio para facilitar la vida de las personas se remonta a tiempos remotos. Sin embargo, podemos centrarnos en 1920 cuando el autor checo Karel Čapek, en su obra R.U.R (Rossum's Universal Robots), introdujo por primera vez el concepto de "robot" para presentar entes artificiales de apariencia humana, que trabajaban como sirvientes realizando tareas otrora realizadas por personas. Durante estos 100 años, hemos visto cómo el concepto de robot presentado por Čapek, junto al desarrollo de tecnologías revolucionarias como el computador, el transistor, Internet, y la inteligencia artificial, entre otros descubrimientos, han permitido acercar-

65 Matías Mattamala agradece a Pablo Estefó y Gonzalo Olave por revisiones, referencias y valiosos comentarios.

66 Ingeniero Civil Eléctrico y Magíster en Ingeniería Eléctrica de la U. de Chile, y actual estudiante de doctorado en el Oxford Robotics Institute, Universidad de Oxford. Sus intereses contemplan robótica y visión computacional, además de las implicancias y educación sobre estas tecnologías.

nos al sueño de crear entes artificiales con capacidad de razonamiento que les permitan desempeñarse en tareas tediosas, peligrosas, o imposibles para la humanidad<sup>67</sup>.

## 100 años de éxitos y fracasos

El desarrollo no ha sido fácil. Por un lado, aspirar a crear máquinas con capacidades similares a nosotros en términos físicos (fuerza, agilidad, versatilidad) y cognitivos (percepción, razonamiento, generalización), es una tarea que ha requerido entender "cómo funcionamos los humanos" y "cómo replicarlo a través de ingeniería". Estas preguntas han terminado

67 Una mirada relativamente reciente a la historia de la robótica y la inteligencia artificial se encuentra en el libro de Nils Nilsson "The Quest for Artificial Intelligence", Cambridge University Press, 2009. En: <http://bcn.cl/2k23d> (en inglés).

motivando el desarrollo de nuevas áreas del conocimiento multidisciplinarias-teóricas y aplicadas- tales como las ciencias de la computación, neurociencias, inteligencia artificial, y la misma robótica como una disciplina en sí misma.

Por otro lado, están las expectativas. En estos 100 años hay muchos casos de éxitos y fracasos en diversos ámbitos, porque han existido diferencias abismales en las expectativas de las partes involucradas<sup>68</sup>. Promesas que se han hecho para conseguir fondos de investigación, financiamiento de empresas o iniciativas gubernamentales han terminado con iniciativas exitosas hasta la actualidad, o bien produciendo décadas de retraso en otras disciplinas. Como un caso de éxito, tenemos los robots industriales. Los primeros robots industriales de uso masivo, creados por Unimation en los años 60 en Estados Unidos, representan un caso exitoso de una promesa de automatizar procesos de manufactura en la industria automotriz. Estos cumplieron plenamente las expectativas de la industria, y en la actualidad son una parte fundamental de las cadenas productivas de diversos rubros.

Pero también hay casos "no tan exitosos". La visión computacional, entendida como el desarrollo de sistemas que simulan la visión humana, se originó como un proyecto de verano para estudiantes del MIT<sup>69</sup> en 1966 y, 54 años más tarde, muchas de las tareas propuestas en este proyecto siguen siendo problemas abiertos. Los llamados AI Winter (Inviernos de la Inteligencia Artificial) ocurridos en los 70 y 80, demostraron que las expectativas de la academia y la industria respecto a

la inteligencia artificial eran mucho mayores a sus resultados concretos, desilusionando a investigadores e inversionistas, retrasando su desarrollo y aplicación en problemas reales.

A pesar de lo anterior, el desarrollo de la robótica continuó creciendo, y durante los años 1990 y 2000 su aplicación se extendió a los hogares -con robots aspiradora y asistentes personales-, y otras aplicaciones como robots espaciales y militares<sup>70</sup>, que se han establecido como plataformas fundamentales en ciertas labores. En estos últimos 10 años, sin embargo, producto de la globalización y masificación de ciertas tecnologías como las tarjetas gráficas (GPU), microcontroladores (e.g., plataformas Arduino), la generación de datos masivos producto de diversos servicios online, además de plataformas cooperativas de financiamiento, desarrollo de software y colaboración de código abierto o open source<sup>71</sup>, se ha revolucionado el desarrollo de la robótica e inteligencia artificial. Los vehículos autónomos, asistentes personales, robots de delivery, drones, y robots virtuales (bots) se han hecho omnipresentes, dando la impresión de que la tecnología de la ciencia ficción-películas, libros, series- es una realidad.

En Chile, si bien no hay claridad del punto exacto en que los desarrollos comenzaron<sup>72</sup>, a 2020 se trabajan muchas de las preguntas y desafíos anteriores, tanto en la academia

---

<sup>68</sup> Daniel Crevier, "AI: The Tumultuous History Of The Search For Artificial Intelligence", Basic Books, 1993.

<sup>69</sup> Seymour Papert, "The Summer Vision Project". MIT AI Memos (1959 - 2004), 01 de Julio de 1966, Acceso 28 de Julio de 2020. En: <http://bcn.cl/2k23f>

---

<sup>70</sup> Existen varios casos de robots militares, cuyo uso a veces no es tan conocido. P.W Singer en su Libro "Wired for War" (Penguin Books, 2009), analiza muchos ejemplos que se han desarrollado.

<sup>71</sup> Free Software Foundation. Acceso 28 de Julio de 2020. En: <https://www.fsf.org/>

<sup>72</sup> Probablemente los desarrollos y referencias más antiguas en el país se remontan al ensayo de Arturo Aldunate Phillips "Los robots no tienen a Dios en el corazón" (1963), en que aborda diversos conceptos e ideas asociadas a la automatización e inteligencia artificial. Posteriormente en los años 80 es posible encontrar las primeras memorias de título de ingeniería y artículos de algunos congresos nacionales que abordan el uso de robótica en contextos industriales.

como la industria<sup>73</sup>. En términos académicos, el estudio de interacciones humano-robot, vehículos autónomos, y otros aspectos éticos e implicancias de la inteligencia artificial y el uso de los datos también están siendo impulsados fuertemente en los últimos años, de modo de estar alineados con las corrientes que existen a nivel global en estos ámbitos. Respecto a la industria, el uso de robots en contextos mineros es una de las principales áreas de desarrollo para el país, al igual que recientes aplicaciones en retail<sup>74</sup>. Sin embargo, siguen siendo problemas abiertos el fomentar el desarrollo de la limitada industria local, además de los desincentivos que existen en general al desarrollar proyectos de hardware (i.e. que involucren desarrollo electro-mecánico) debido a la mayor inversión y riesgos que implican, al igual que la dificultad de transferir tecnología entre universidades y empresas, debido a diferencias burocráticas y culturales entre ambas organizaciones.

Todas estas interrogantes eran válidas -nacional y mundialmente- hasta principios del 2020. Hasta que llegó una pandemia.

## El impacto del Covid-19 en el desarrollo de la robótica

La aparición del Covid-19 alteró profundamente la sociedad como la conocemos: la necesidad de imponer cuarentenas o lockdowns a nivel nacional, cerrar fronteras, imponer distanciamiento social, entre otras medidas, ha impactado profundamente la forma en que las sociedades han funcionado hasta ahora, requiriendo cambios profundos en cómo funcionan las organizaciones, el concepto del trabajo, los modelos econó-

micos y las formas de desarrollo de los países. Y, muy particularmente, varias de las amenazas originalmente asociadas a la automatización venidera<sup>75</sup>, han tenido que enfrentarse ahora: muchos trabajos se han visto amenazados por la imposibilidad de efectuar labores presenciales, con la consecuente pérdida de empleos y necesidad de medidas de protección social<sup>76</sup>.

Frente a esta situación, algunos autores se han preguntado: Ahora que tenemos una pandemia, ¿dónde están los robots?<sup>77</sup>. En estos últimos años habíamos experimentado un escenario optimista, en que parecía que los robots y otras tecnologías efectivamente ayudarían y hasta reemplazarían a las personas en algunas labores, existiendo altas expectativas respecto a las oportunidades que ofrecerían. Pero ahora, en un escenario de pandemia, los robots no fueron ni la causa ni la solución prometida a los problemas que estamos viviendo como sociedad.

No contamos con medios de transporte autónomos que faciliten el transporte en este contexto, ni con robots médicos capaces de diagnosticar a las personas sin contacto humano; el problema de la "última milla"<sup>78</sup> aún existe y el despacho de productos -que ha aumentado considerablemente durante las cuarentenas-, sigue dependiendo de personas que deben realizar los despachos a las puertas de las casas. ¿Cuál es la causa de todo esto? ¿Han fracasado los robots? ¿Qué oportunidades existen? ¿Qué opciones tiene Chile? Estas son algunas preguntas que responderemos a continuación.

<sup>75</sup> Will Robots Take My Job? Acceso 15 de Julio de 2020. En: <http://bcn.cl/2k23n>

<sup>76</sup> Irina Aguayo Ormeño, "Renta Básica Universal", Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Asesoría Técnica Parlamentaria, Junio 2019, Acceso 28 de Julio de 2020. En: <http://bcn.cl/2k23o>

<sup>77</sup> J. Jesse Ramirez, "Where are the robots?", 29 de Junio de 2020. Acceso 30 de Julio de 2020. En: <http://bcn.cl/2k23q>

<sup>78</sup> RoboHub, "Going the last mile with robots", 14 de Junio 2016. Acceso 30 de Julio de 2020. En: <http://bcn.cl/2k23s>

<sup>73</sup> Comunidad de Robótica, U. de Chile, "Catastro de empresas y organizaciones de robótica en Chile", Reporte Técnico CR-01, Acceso 30 de Julio de 2020. En: <http://bcn.cl/2k23j>

<sup>74</sup> Revisar el Catastro de Ibíd. 72 para mayor información.

## El fracaso de los robots y las discrepancias en las expectativas

Bajo nuestra experiencia, el aparentemente "fracaso" de los robots no es nada más que otra discrepancia de expectativas como las que mencionamos anteriormente. El llamado "hype"<sup>79</sup> respecto a estas tecnologías es un resultado de la necesidad de financiamiento tanto para proyectos de investigación y desarrollo (academia) como para la sustentabilidad del ecosistema de la industria<sup>80</sup>. El proceso genera altas expectativas en las contrapartes y la sociedad en general, donde se da la falsa ilusión de que las tecnologías están más desarrolladas de lo que en realidad están. Un ejemplo concreto de lo anterior son las vistosas demostraciones del robot humanoide "Atlas" de la empresa Boston Dynamics<sup>81</sup>. En la demostración, Atlas logra realizar impresionantes saltos y volteretas en un estudio. Los mismos ingenieros detrás de su desarrollo confiesan la necesidad de un entorno controlado para el éxito de su performance: si el suelo fuese resbaloso o bien los sensores sufrieran deterioro, la demostración no funcionaría<sup>82</sup>. Es un hecho que existen tecnologías tremendamente avanzadas en desarrollo actualmente, pero su transferencia como productos reales requiere más que solamente pruebas de concepto, sino experimentos y certificaciones -internacionales- que aseguren su funcionamiento en entorno y condiciones reales.

---

<sup>79</sup> Generalmente se entiende por "hype" a noticias que generan altas expectativas.

<sup>80</sup> IEEE Spectrum, "Human-Level AI Is Right Around the Corner—or Hundreds of Years Away", 31 de Mayo de 2017. Acceso 30 de Julio de 2020. En: <http://bcn.cl/2k23t>

<sup>81</sup> Boston Dynamics, "Atlas". Acceso 30 de Julio de 2020. En: <http://bcn.cl/2k23u>

<sup>82</sup> Scott Kuindersma, del equipo de ingeniería de Atlas, tiene una interesante charla (técnica) sobre los avances y desarrollos mostrados en los videos: <https://youtu.be/EGABAx52GKI>

## Las oportunidades que se abren

Una vez que se entiende que el aparente fracaso no es tal, sino una discrepancia en la percepción que tenemos sobre los robots, es posible identificar que a pesar de los tremendos desafíos que el Covid-19 plantea, ha abierto diversas oportunidades que no existían. A pesar de la globalización, se ha observado que la diferencia en los procesos de contagio y expansión del virus ha requerido distintas respuestas por parte de cada país, tanto a nivel gubernamental como industrial. El cierre de fronteras, la escasez de insumos y la urgencia de cada país ha requerido diseñar soluciones, que si bien pueden haber estado inspiradas o motivadas por otros proyectos en el extranjero -que se han distribuido abiertamente gracias al movimiento open source<sup>83</sup>-, han requerido adaptaciones locales por los motivos anteriores.

Así, hemos visto cómo diversas iniciativas que abarcan desde la fabricación de máscaras sanitarias y ventiladores mecánicos, a robots de telepresencia y sanitización de espacios. Cada país ha adaptado soluciones generadas en otros lugares a su realidad local, y se han conformado grupos de desarrollo de diversas soluciones tecnológicas en universidades, centros de investigación y empresas<sup>84</sup>. Particularmente en Chile, el proceso de innovación se ha visto fuertemente acelerado y enriquecido por la urgencia local, ya que las necesidades son claras e inmediatas. Dado el carácter de emergencia, las prioridades de diversos equipos han cambiado, pudiendo dedicar una parte importante de su tiempo al desarrollo de las tecnologías, teniendo además a las y los potenciales usuarios ofreciendo retroalimentación inmediata.

---

<sup>83</sup> Open Government Partnership, "Collecting Open Government Approaches to COVID-19". Acceso 30 de Julio de 2020. En: <http://bcn.cl/2k23v>

<sup>84</sup> Radio Bio Bio, "Robots saltarían a la "primera línea médica" en crisis del coronavirus, advierte estudio", 25 de Marzo de 2020. Acceso 30 de Julio de 2020. En: <http://bcn.cl/2k23w>



Como ejemplos concretos de esto, tenemos el robot Pudú que está siendo desarrollado por un equipo de la Universidad de Chile, el cual busca apoyar la labor del personal médico en hospitales<sup>85</sup>. El robot de telepresencia permite que pacientes y sus familiares puedan mantenerse en contacto a pesar de las medidas de distanciamiento social. Otra tecnología, si bien no directamente robótica, pero sí asociada al desarrollo de sistemas mecatrónicos, son los ventiladores mecánicos. Siendo un dispositivo esencial y con alta demanda producto de la pandemia, a abril de 2020 habían 26 iniciativas a lo largo del país desarrollando diversos prototipos, adaptándose a las realidades locales y las limitantes que existen en cada zona<sup>86</sup>.

Producto del Covid-19, todas estas iniciativas están impulsando rápidamente el desarrollo de la industria local, creando soluciones que beneficiarán directamente el país. La experiencia que se está desarrollando en términos de desarrollo de productos, los equipos de trabajo que se están conformando, y los lazos entre distintas disciplinas que se están estableciendo, presentan un escenario próspero para fomentar la industria nacional que debería expandirse a otros ámbitos, y abrir la oportunidad de cambiar gradualmente el sistema económico del país basado en la extracción de recursos naturales, a un sistema basado en el desarrollo de servicios y productos que aporten al país, la región y el mundo.

## Los desafíos pendientes

Nuevas oportunidades implican también nuevos desafíos. El Covid-19 puede acelerar

tremendamente el desarrollo local, pero se requiere también discutir y proponer soluciones a varias problemáticas que se están viviendo y que se complejizan en el futuro.

En primer lugar, la amenaza de pérdida de empleos presagiada por la inminente automatización que se vive actualmente producto de la pandemia, es una problemática social tremendamente importante que ocurrirá por la pandemia, la automatización u otra tecnología venidera. Requiere el trabajo colaborativo no sólo de la clase política, sino también de especialistas en ética, ciencias sociales, historiadores, economistas, entre otros, además de diversidad de género, étnica y etaria<sup>87</sup>. No se puede pretender solucionar un problema social que afecta a toda la sociedad desde una sola perspectiva, sea producto de la pandemia o la automatización. Es importante abordar estos problemas desde una visión holística, y entenderlas también como un problema local, que requiere más que replicar un modelo extranjero, sino entender nuestra sociedad y su gente en todo ámbito.

Por otro lado, es importante fortalecer la relación entre el Estado, las universidades y la industria local. Esto requiere generar una visión país a largo plazo acerca de las prioridades de desarrollo, las necesidades y las oportunidades de expandir estos desarrollos al exterior, que permita alinear las políticas públicas, los rubros de la industria, y la investigación y formación que ofrecen las universidades en pos de este objetivo. Particularmente en el ámbito de la robótica, requiere identificar cuáles son los nichos de interés en que esta puede realizar un aporte significativo (por ejemplo, minería, agricultura, rescate), y fomentar el desarrollo de estas áreas a todo nivel. El trabajo realizado actualmente por la Mesa Público-Privada de

<sup>85</sup> Universidad de Chile, "Universidad de Chile creó robot que promueve la teleasistencia en pacientes aislados", 16 de Julio de 2020. Acceso 30 de Julio de 2020. En: <http://bcn.cl/2k23z>

<sup>86</sup> CORFO, "Innovadores chilenos impulsan 26 soluciones locales para suplir déficit de ventiladores de emergencia", 17 de Abril de 2020. Acceso 30 de Julio de 2020. En: <http://bcn.cl/2k241>

<sup>87</sup> FayerWayer, "Red para el futuro del trabajo: La plataforma chilena para analizar el impacto de la tecnología en el mercado laboral", 9 de Julio de 2019. Acceso 30 de Julio de 2020. En: <http://bcn.cl/2k242>

Robótica apunta justamente a esta línea, la cual debería potenciarse en el futuro.

Adicionalmente, la relación entre la academia y el Estado debería fortalecerse, para que exista una red de apoyo mutuo que permita aprovechar la capacidad intelectual del país y hacer frente de manera eficiente y ágil a los desafíos enfrenta<sup>88</sup>. Por dar un ejemplo concreto, insumo crítico para tecnologías como la robótica y la inteligencia artificial son los datos, los cuales se pueden utilizar para validar ideas que fueron implementadas en los sistemas, como también para extraer nuevo conocimiento sobre un determinado fenómeno. Sin embargo, el acceso y utilización de datos es un tema extremadamente sensible<sup>89</sup>, no solo por temas de privacidad, sino también por problemáticas como la manipulación de estos<sup>90</sup>, y los sesgos<sup>91</sup> que su uso puede traspasar a nuestros algoritmos y robots. El país debería trabajar en diseñar metodologías adecuadas para proveer datos confiables, pero que puedan ser accedidos y usados de forma responsable, segura y transparente.

## Reflexiones finales

Los grandes cambios que se viven actualmente en el país no solamente han surgido producto del Covid-19, sino también de las “discrepancias de expectativas” que existen

entre distintos grupos de nuestra sociedad. Si bien son tiempos con desafíos complejos, es importante reconocer las posibilidades que nos ofrece esta situación sin precedentes. La pandemia nos ha hecho reflexionar no solo sobre nuestra capacidad de afrontar situaciones similares, sino también sobre nuestras estructuras y organizaciones políticas, sociales, industriales, productivas y educacionales. Nos ha obligado a enfrentarnos a desafíos que veíamos lejanos o bien imposibles, teniendo que reaccionar y generar soluciones innovadoras, creativas y, por sobre todo, colaborativas.

Este contexto configura una oportunidad histórica para el desarrollo de la robótica. Primero, como herramienta para obtener soluciones para resguardar la salud pública y el impacto de la pandemia en aspectos de transporte, abastecimiento. Y segundo, y tal vez menos evidente, como plataforma de desarrollo que propicie las sinergias necesarias entre el Estado, la industria, la academia (tanto ciencias sociales y de la ingeniería), y la ciudadanía. Ambas visiones son imperativas para poder concretar la gran promesa de la robótica: soluciones concretas que mejoren la calidad de vida de los habitantes de nuestro país.

---

<sup>88</sup> CIPER Chile, “Entrevista a Jeannette Von Wolfersdorff, Directora Del Observatorio Fiscal”, 3 de Mayo de 2020. Acceso 30 de Julio de 2020. En: <http://bcn.cl/2k244>

<sup>89</sup> La Tercera, “Quiebre en la Mesa de Datos del Covid-19: Instituto Milenio Fundamentos de los Datos congela participación y crítica al gobierno por “ausencia” de información”, 30 de Abril de 2020. Acceso 30 de Julio de 2020. En: <http://bcn.cl/2k247>

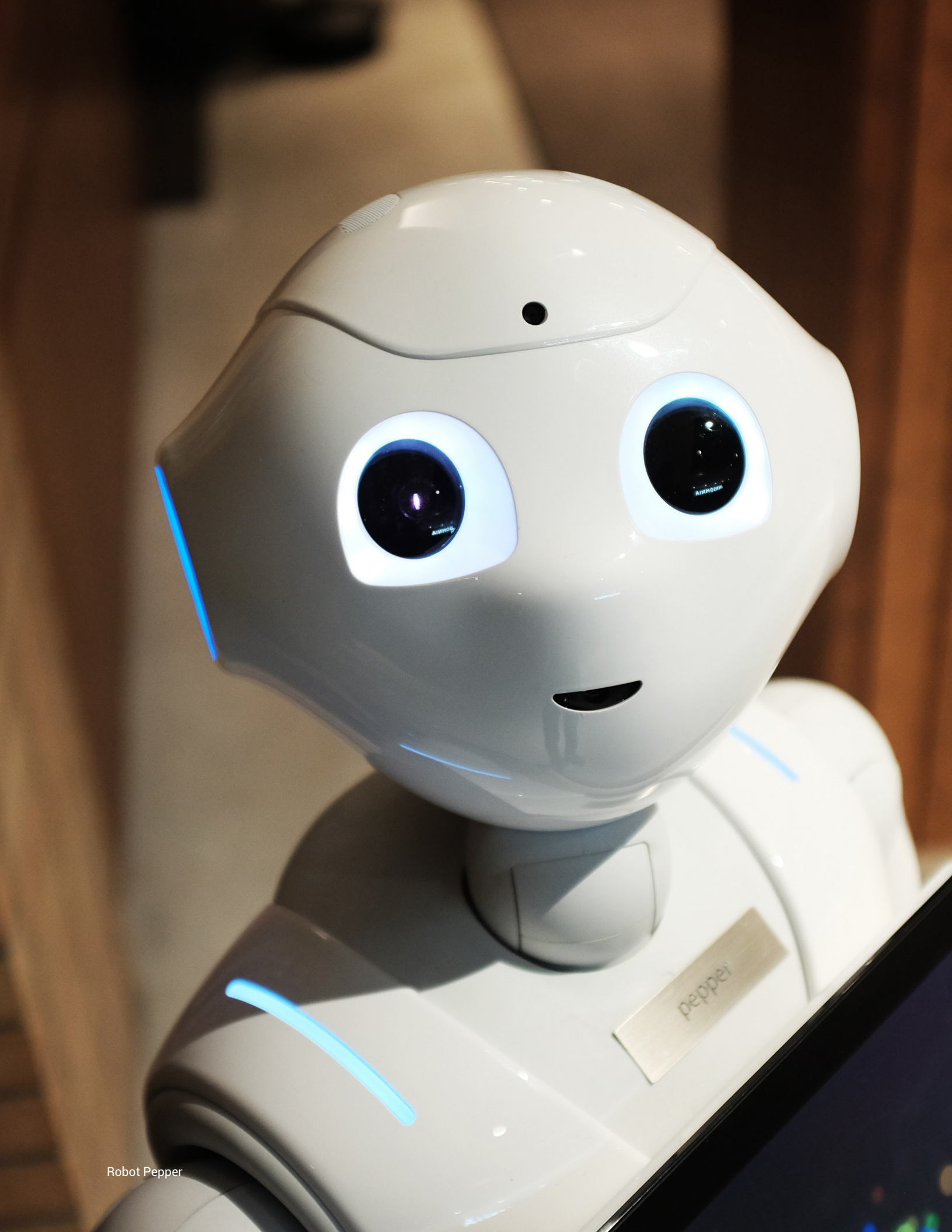
<sup>90</sup> La Tercera, “Columna de César Hidalgo: Privacidad, datos y pandemias”, 11 de Abril de 2020. Acceso 30 de Julio de 2020. En: <http://bcn.cl/2k249>

<sup>91</sup> Ricardo Baeza-Yates y Karma Peiró, “¿Es posible acabar con los sesgos de los algoritmos?”, 15 de Julio de 2019. Acceso 30 de Julio de 2020. En: <http://bcn.cl/2k24a>





EXPERIENCIA  
INTERNACIONAL  
**EN ROBÓTICA Y  
SALUD**



Robot Pepper

# El rol de la robótica en el combate del Covid-19

Por **Pablo Morales Estay**<sup>92</sup>

A la luz de la publicación de la revista científica *Science Robotics*, a fines de marzo de 2020, titulada "Combating Covid-19—The role of robotics in managing public health and infectious diseases", se da revisión a las tres grandes áreas de aporte de la robótica al combate del coronavirus. Para luego, analizar la experiencia internacional aplicada en países del Asia Pacífico, que con éxito han implementado robots para aminorar el impacto y exposición del virus, tanto de profesionales médicos como pacientes, en sus respectivos sistemas de salud.

## Experiencia ébola

Luego que la Organización Mundial de la Salud (OMS) calificara al Covid-19 como una pandemia global el 11 de marzo de 2020, quedó en evidencia las grandes dimensiones que tendría su impacto. La globalización y las economías cada vez más interconectadas provocaron el cierre de las fronteras y la caída de las principales bolsas de comercio del mundo, eviden-

ciando que todos los países se verían afectados por el virus, sin excepciones, requiriéndose de un esfuerzo global.

Sin embargo, pese a lo desprevenido que pilló a la economía y los evidentes efectos negativos en materia sanitaria, el coronavirus está sirviendo como catalizador para el desarrollo e implementación de una serie de medidas, políticas y sistemas de todo tipo en tiempo récord. La robótica no es la excepción, puesto que debido a la pandemia se han tenido que dar acelerados pasos en cuanto a la automatización de labores médicas, acceso remoto o telemedicina.

De hecho, la utilización de robots podría ayudar a combatir los efectos del Covid-19 en materias tan diversas que van desde la entrega de medicamentos y alimentos; la desinfección de superficies; medición de signos vitales, y hasta la toma de muestras biológicas.

Es por ello, que tras el brote de ébola, entre 2014 y 2016, un grupo de investigadores compuesto por miembros de la Oficina de Política de Ciencia y Tecnología (OSTP) de la Casa Blanca y la National Science Foundation, obtuvieron importantes aprendizajes en torno al rol

92 Pablo Morales Estay es científico político máster en relaciones internacionales e investigador en el Programa Asia Pacífico del Departamento de Estudios de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

de la robótica en el manejo de la salud pública y enfermedades infecciosas, como lo son el ébola o el mismo Covid-19. En ese entonces, el virus causó más de 11 mil muertes y 28 mil contagiados en 10 países, aunque tres de ellos concentraron el 99,8% de los casos (Guinea, Liberia y Sierra Leona).

El resultado de su investigación fue publicado, en marzo de 2020, en la revista científica *Science Robotics*<sup>93</sup>, a través de un artículo titulado “Combating Covid-19—The role of robotics in managing public health and infectious diseases”, en el que a grandes rasgos identifican tres áreas en las que la robótica puede marcar una diferencia al momento de combatir los efectos de una pandemia: la atención clínica, la logística; y el reconocimiento.

Dada la velocidad de contagios y la premura por implementar nuevos mecanismos autónomos, muchas de estas aplicaciones se están explorando de manera activa y pionera en países como China, Alemania, Japón, Italia, Tailandia, Australia, Israel y Singapur, como una respuesta natural ante la amenaza del coronavirus. No obstante, aún están lejos de ser masivas, implementándose solo en áreas limitadas y la gran mayoría en modo de pruebas.

## Usos de la robótica

Todo hace parecer, que a medida que aumenten las epidemias –tanto en frecuencia como en intensidad– el aporte de la robótica se volverá cada vez más latente. Por una parte, mientras ya se utilizan robots por parte de los profesionales de atención médica, para toma de muestras y reducir la exposición a los pató-

genos y el contacto directo con los pacientes, por otro lado, se investigan y exploran nuevos posibles desarrollos de la robótica, en temas como el manejo de desechos o el cumplimiento de las cuarentenas.

De este modo, según la publicación<sup>94</sup> antes mencionada, cada uno de estos usos pueden ser clasificado en torno a tres grandes áreas:

- Atención clínica: prevención, diagnóstico y detección de enfermedades, la atención al paciente y el manejo de la enfermedad.
- Logística: toma y entrega de muestras, junto con el manejo de desechos contaminados.
- Reconocimiento: monitoreo del cumplimiento de cuarentenas voluntarias y la teleoperación.

En ese sentido y con respecto a la atención clínica, para la prevención de enfermedades se utiliza la desinfección de la superficie a través de rayos ultravioleta (UV), sin contacto y controlada por robots, debido a que el Covid-19 se propaga no solo de persona a persona, sino también a través de superficies contaminadas. Los coronavirus pueden persistir en superficies inanimadas (incluyendo metal, vidrio o plástico) durante días, y se ha demostrado que los dispositivos de luz ultravioleta (como PX-UV) son efectivos para reducir la contaminación en las superficies de alto contacto en los hospitales.

A diferencia de la desinfección manual, que requiere movilización de la fuerza laboral y aumenta el riesgo de exposición al personal de limpieza, los robots de desinfección autónomos o controlados a distancia podrían conducir a una desinfección rentable, rápida y efectiva.

---

<sup>93</sup> Science Robotics. Combating COVID-19—The role of robotics in managing public health and infectious diseases. Disponible en: <http://bcn.cl/2dn32>

<sup>94</sup> Science Robotics. Combating COVID-19—The role of robotics in managing public health and infectious diseases. En: <http://bcn.cl/2dn32>



Es por ello, que se vislumbran grandes oportunidades de crecimiento en temas como la mejora de la navegación inteligente y la detección de áreas de alto riesgo, junto con otras medidas preventivas. De este modo, se podrían desarrollar nuevas generaciones de robots, desde macro a microescala, para navegar por áreas de alto riesgo y trabajar continuamente para esterilizar todas las superficies de alto contacto.

Asimismo, con respecto al diagnóstico y la detección, los robots móviles son ideales para la medición de temperatura en áreas públicas y puertos de entrada, puesto que ya se han utilizado con éxito para estos propósitos. Los sistemas de cámara automatizados se usan comúnmente para filtrar a varias personas simultáneamente en grandes áreas, por lo que la incorporación de sensores térmicos y algoritmos de visión en robots autónomos u operados de forma remota podría aumentar su eficiencia y cobertura de detección.

Estos robots móviles también podrían usarse para monitorear repetidamente las temperaturas de pacientes internos o externos en varias áreas de los hospitales con datos vinculados a sus sistemas de información. Al conectar en red los sistemas de seguridad existentes con el software de reconocimiento facial, es posible rastrear los contactos de las personas infectadas para alertar a otras personas que podrían estar en riesgo de infección.

Sin embargo, el desarrollo y aplicación de este tipo de tecnología, va a depender en gran medida de las limitantes políticas y legislativas que existan en cada uno de los países, en materias como la protección de datos y el resguardo de la privacidad.<sup>95</sup>

<sup>95</sup> Para más información revisar documento titulado "Vigilancia sanitaria en China, Corea del Sur y Singapur: desafíos a la gobernanza global y local". En: <http://bcn.cl/2dn5s>.

Por otro lado, con respecto a la logística y de acuerdo a la experiencia internacional, el testeo es una de las piezas claves para el control de la propagación del coronavirus. Es por ello que la gran mayoría de los países recomiendan recolectar y analizar hisopos nasofaríngeos y orofaríngeos para practicar el test PCR, lo que implica la recolección, manipulación, transferencia y prueba de muestras.

Durante un brote importante, un desafío clave es la falta de personal calificado para tomar muestras de pacientes y procesar las pruebas. El frotis nasofaríngeo y orofaríngeo automatizado o asistido por robot, puede acelerar el proceso y reducir el riesgo de infección, junto con liberar al personal (humano) para otras tareas.

Asimismo, también podrían utilizarse para aquellos casos asintomáticos, donde se hace necesario un análisis de sangre para verificar la aparición de anticuerpos. La automatización del proceso de extracción de sangre para pruebas de laboratorio también podría aliviar al personal médico de una tarea con un alto riesgo de exposición. Los investigadores están estudiando sistemas robóticos basados en la identificación por ecografía de las venas periféricas del antebrazo para la punción venosa automatizada. De este modo, los ensayos multiplex automatizados en tiempo real permitirían una rápida detección cualitativa *in vitro* y una pronta discriminación de los patógenos.

De igual manera, otra utilidad sería la utilización de aviones no tripulados o vehículos terrestres para la transferencia de muestras, así como también la entrega de medicamentos a pacientes infectados cuando el movimiento no es aconsejable.

Por su parte, y en cuanto al reconocimiento, el impacto negativo en la salud mental que trae consigo el aislamiento prolongado de aquellos

pacientes en cuarentena, es otro gran desafío para la robótica. Es por ello, que para abordar este problema, los robots sociales surgen como respuesta para poder proporcionar interacciones sociales continuas, junto con una mayor adherencia a los regímenes de tratamiento, evitando la propagación de enfermedades.

No obstante, dadas las complejidades que implican las interacciones sociales, se requiere la construcción y mantenimiento de modelos altamente complejos, que incluyen variables como el conocimiento, las creencias y emociones, así como también el contexto y el entorno de la interacción.

Asimismo, otro importante uso de la robótica en este ámbito, es la denominada teleoperación. Al igual que ha ocurrido en el mundo laboral y académico –donde se han tenido que implementar en tiempo récord sistemas para llevar a cabo las actividades a distancia– el Covid-19 podría ser un catalizador para el desarrollo de sistemas robóticos que se puedan implementar rápidamente con acceso remoto por parte de expertos y proveedores de servicios esenciales sin la necesidad de viajar al frente.

La teleoperación es una tecnología madura que se puede utilizar tanto para telemedicina como para teletrabajo. Las escuelas, universidades y empresas en todo el mundo han adoptado rápidamente cursos e interacciones en línea. A medida que el ancho de banda 5G y el video de 4 y 8K estén ampliamente disponibles, más fácil será su implementación.

De hecho, la pandemia está marcando un punto de inflexión sobre cómo operarán las organizaciones en el futuro. En lugar de cancelar grandes exposiciones y conferencias internacionales, pueden aumentar las nuevas formas de reunión en línea, en lugar de la asistencia en

persona. Los asistentes remotos pueden acostumbrarse a usar avatares y controles robóticos. Y eventualmente, muchas conferencias pueden estar disponibles a través de la realidad virtual de alta definición y baja latencia, junto con avatares de robot de asistentes virtuales totalmente móviles e inmersos en el contexto de la conferencia. Todas estas modalidades reducirían las tasas de infección de enfermedades, al igual que la huella de carbono.

## Implementación en el Asia Pacífico

Tras el brote del coronavirus, numerosas empresas han desarrollado tecnologías automatizadas para llevar a cabo actividades como las mencionadas anteriormente, en cuanto a tareas de desinfección, entrega de suministros, toma de muestras, diagnóstico, entre otras.

Por ejemplo, en China, empresas como Pudu Technology o MicroMultiCopter, desplegaron sus robots en más de 40 hospitales del país para ayudar al personal médico en la entrega de alimentos, medicinas y la desinfección de habitaciones. Mientras que gigantes como Alibaba anunciaron importantes avances en cuanto al diagnóstico de la enfermedad, gracias a un sistema impulsado por IA (Inteligencia Artificial) que permite identificar la infección con una precisión del 96%.<sup>96</sup>

Sin embargo, fruto de su modelo político, se han implementado con éxito y gran rapidez, sistemas de vigilancia para comprobar el cumplimiento de cuarentenas, junto con cámaras de reconocimiento facial para escanear multitudes en búsqueda de personas con fiebre o que incumplan el uso de mascarillas en espacios públicos como estaciones de metro,

---

<sup>96</sup> BBC News. Coronavirus: China's tech fights back. Disponible en: <http://bcn.cl/2dn6r>

escuelas y centros comunitarios en Beijing, Shanghai y Shenzhen.<sup>97</sup>

Empresas líderes en IA como SenseTime o Megvii, desarrollaron un software de detección de temperatura sin contacto, la que sumada a la app Alipay Health Code de Alibaba permiten identificar en tiempo real eventuales riesgos de contagio.

Mientras tanto, en Tailandia, han implementado con éxito en cuatro hospitales del país los denominados robots "Ninja". Los androides fueron desarrollados por los estudiantes de ingeniería de la Universidad Chulalongkorn, en Bangkok, y pueden medir la temperatura, junto con manejar otras interacciones con los pacientes Covid-19, reduciendo el riesgo de exposición y contagio de los trabajadores médicos.<sup>98</sup>

De igual manera, en Singapur, se ha utilizado el robot llamado "Ella" para la limpieza y desinfección inteligente de áreas y espacios comunes en el Hospital Alexandra de la ciudad. El modelo fue desarrollado por la compañía LionsBot Internacional, una startup fundada en 2018, especializada en limpieza de supermercados y centros comerciales.<sup>99</sup>

Por su parte en Japón, dada la cercanía cultural que existe hacia la robótica, han apostado por la implementación de robots sociales, como una medida para combatir los efectos del distanciamiento social y su impacto en la salud mental. Reflejo de ello es su famoso robot humanoide "Pepper", de la empresa japonesa Softbank, el que se ha utilizado ampliamente tanto en tiendas como hoteles, para

aliviar la soledad que ha generado el aislamiento entre los portadores del Covid-19 en Japón.

Asimismo, los estudiantes de la Business Breakthrough University de Tokio, realizaron una graduación virtual a distancia a través de avatares que recibieron sus diplomas, cumpliendo el objetivo de mantener el distanciamiento social y resguardar la salud.

## ¿Nuevas áreas para la robótica?

Históricamente, los robots se han desarrollado para asumir trabajos aburridos, sucios y peligrosos, de hecho su primer despliegue masivo fue en aplicaciones de tipo industrial. Es por ello, que el rol de la robótica en la lucha contra enfermedades infecciosas como el Covid-19, es parte de su expansión natural, puesto que algunas áreas del entorno hospitalario no son adecuadas para los trabajadores humanos, pero sí para los robots.

Si bien las experiencias obtenidas en brotes de ébola o el MERS, permitieron identificar un amplio espectro de usos de la robótica, aún la financiación para la investigación multidisciplinaria, o la asociación entre academia e industrias, sigue siendo limitada.

No obstante, somos testigos como el coronavirus ha servido de catalizador para la implementación de una serie de medidas en tiempo récord, por lo que de igual manera se espera que el brote ayude a impulsar una mayor investigación en robótica para limitar los riesgos de enfermedades infecciosas. Sin embargo, dichos esfuerzos tienen que ser sostenidos en el tiempo y recibir los financiamientos económicos pertinentes, con el fin de poder ser aplicados en futuras pandemias.

<sup>97</sup> Ibid.

<sup>98</sup> Business Insider. Así es como estos robots ninja monitorizan pacientes que sufren coronavirus en Tailandia. En: <http://bcn.cl/2dn7c>

<sup>99</sup> Nikkei Asian Review. Hygiene-obsessed Singapore deploys robots to keep coronavirus away. Disponible en: <http://bcn.cl/2dn7q>

Finalmente, es posible señalar que el brote de Covid-19 ha introducido una cuarta área de aplicación de la robótica, relacionada con la continuidad del trabajo y mantenimiento de las funciones socioeconómicas definidas como estratégicas por algunos países.

En vista que el Covid-19 ha afectado la economía mundial, surge la necesidad de investigar más sobre la implementación de sistemas de operación remota para una amplia gama de industrias que requieren manipulación diestra, las que van desde la operación remota de plantas, hasta la fabricación de manufacturas; esta última, siendo una de las áreas más afectadas por el brote del virus, junto con la industria del turismo.





EDUCACIÓN Y  
ROBÓTICA EN  
**CONTEXTO DE  
PANDEMIA**



Robot Asimo



# Japón y la robótica en educación, **una mirada en tiempos de pandemia**

Por **Mauricio Phelan Martínez**<sup>100</sup>

La sociedad de coexistencia humano-robot ha hecho que Japón tenga amplia experiencia en la utilización de robots con fines educativos. Desde hace más de una década que el sistema educativo japonés cuenta con el apoyo de distintos tipos de robots en la enseñanza de inglés o de las disciplinas STEM, que forman parte de las prioridades nacionales. El aporte de la robótica al aprendizaje de niños, niñas y adolescentes es valorado por expertos y autoridades, por lo que su introducción en las aulas aumentaría en los próximos años. El siguiente artículo se plantea el objetivo de dar cuenta de esta experiencia y analizar las potencialidades de la robótica como un aporte en la educación no presencial durante el contexto del coronavirus.

## Robótica en y para la educación

La robótica más que un mero recurso ocasional para impartir contenidos puntuales, es un medio altamente capaz de enseñar discipli-

nas complejas desde lo más básico a lo más difícil. Esto no sólo por la idea de que la propia composición de hardware y software de los robots es una confluencia de varias disciplinas, sino también por la emoción que despiertan en quienes interactúan con ellos. Esto hace que la robótica enseñe de manera más efectiva que otros medios.

Sin embargo, la idea de desarrollar un robot implica que participen disciplinas como álgebra y trigonometría, diseño, electrónica, programación, física y resistencia de materiales. Esta multidisciplinariedad implica a su vez una diversidad de técnicas que no se pueden aprender solo desde la teoría, sino que necesitan una instancia práctica donde ensayo y error sean el ejercicio que marque el curso de acción en la senda del conocimiento. Con esto lo que se quiere decir es que en el hacer los estudiantes aprenden a ser usuarios de las herramientas tecnológicas aplicándolas en la solución de problemas determinados. Esta experiencia amplía la posibilidad de aprender elementos de varias disciplinas, pero también de incorporar nuevas formas de entender el mundo.

<sup>100</sup> Cientista político, Magíster en Ciencias Políticas, especializado en relaciones internacionales e investigador en el Programa Asia Pacífico del Departamento de Estudios de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

A pesar de la existencia de sofisticadas tecnologías de simulación, o de las nuevas formas de realidad virtual que pueden hacer de la robótica una experiencia física, incluso sensorial, la manera más económica de aprovechar la entrega de conocimientos es a través de la fabricación de robots reales. Tales razones han llevado a que escuelas y universidades en todo el mundo incorporen en sus planes de estudio la robótica para enseñar incluso disciplinas clásicas como matemáticas o física.

Uno de estos países ha sido Japón, que ha debido enfrentar problemas considerables en su educación, como la baja cantidad de jóvenes y un creciente disgusto por las tecnologías. En este contexto, los robots son considerados un medio efectivo para alentar a que más jóvenes cambien su percepción sobre la tecnología y se involucren en el mundo de la ciencia. Esta experiencia va en consonancia con la idea del doble propósito, expresada como la “robótica en educación” y “robótica para la educación”. La primera se refiere a la participación de robots como profesores o asistentes, mientras que la segunda es vista como una herramienta en el proceso educativo, es decir, enseña mediante la utilización de sus herramientas. En ambos propósitos, la percepción de quienes interactúan con ellos es considerada buena y entretenida.

De tal manera, Japón incorpora en su sistema educativo este doble propósito de la robótica con una misión clara de aumentar la competitividad, pero no solo en tecnología, sino también en otras disciplinas, como lo es la enseñanza del idioma. Aunque la robótica no está descrita como una prioridad central en la iniciativa impulsada en 2016 por el gobierno de Shinzo Abe para hacer obligatoria la enseñanza de la programación en todas las escuelas, es una de las áreas que se incluyen dentro de las medidas para conseguir la tecnologización de la sociedad.

Esta política anunciada por el propio Primer Ministro nipón ante el Consejo de Competitividad Industrial, ha sido implementada por el Ministerio de Educación (Mext por sus siglas en inglés) y tiene como horizonte la alfabetización digital de los niños, niñas y adolescentes con el fin de lograr que nuevas generaciones no solo tengan la capacidad de utilizarla, sino también de ser participantes activos de su diseño y fabricación, relación que a la postre redundaría en un incremento del desarrollo tecnológico y la competitividad.

Asimismo, tal como sucede con la robótica, la programación más que una disciplina en sí, es también un recurso de aprendizaje para otras disciplinas como matemáticas, incluso música. Sin embargo, el objetivo del gobierno nipón con esta medida es que a través de la alfabetización de los jóvenes, además de permitirles la apertura de nuevas oportunidades en el mercado tecnológico, situar a Japón en la llamada Cuarta Revolución Industrial.

## Robótica para aprender idiomas

Con un objetivo similar al de masificar el estudio de la programación en las escuelas de todo el país, el Ministerio de Educación Japonés impulsó un plan piloto para que 500 salas de clase cuenten con la asistencia de robots ayudantes de profesores en las clases de inglés. Estos robots a través de Inteligencia Artificial se encargan de mejorar habilidades en el idioma de niños, niñas y adolescentes, pero también de jóvenes que se encuentren en los niveles más avanzados y necesitan mejorar sus capacidades.

Tal decisión no solo ha permitido que los profesores cuenten con los robots como si fueran personal de apoyo, también gracias a sus programas de entrenamiento contribuye en la

corrección y perfeccionamiento de los propios docentes. De esta manera, se espera que la calidad del idioma mejore en toda la comunidad educativa a lo largo y ancho del territorio, ya que con la incorporación de la robótica en las salas de clase se espera que aumente el desempeño de la docencia. Aunque durante el primer año de arranque en 2018 el programa se enfocó en jóvenes de entre 12 y 15 años, se contempla la incorporación de nuevos robots en las clases de inglés de estudiantes de todas las edades.

### Más alumnos en las STEMs gracias a los robots

La cultura japonesa está históricamente ligada a la robótica, desde el período Edo en el siglo diecinueve con los humanoides mecanizados utilizados con propósitos artísticos que se han registrado manifestaciones que muestran una relación estrecha entre humanos y robots. Este vínculo histórico hace que la robótica en educación sea algo esperable y naturalmente aceptable por la sociedad. De tal manera, poco menos de una década antes de que el Ministerio de Educación nipón decidiera que el estudio de la programación sea obligatorio, incluso antes de la sola idea de introducir robots en las clases de inglés, el país nipón ya experimentaba con el acercamiento de los robots a las salas de clase.

Aunque se trata iniciativas puntuales sin un respaldo del Estado a nivel nacional, tuvieron un impacto positivo en la relación humano-robot. Una de ellas fue la de la Tokyo University of Science, que durante el 2009 incorporó a Saya, una robot mujer humanoide para impartir lecciones de ciencia y tecnología a niñas y niños de 10 años en la Kudan Elementary School. Aunque Saya fue creada para ser recepcionista

de hoteles, logró demostrar una utilidad mayor en la enseñanza de ciencias. Más aún, fue capaz de crear un ambiente de complicidad entre niños y robots, al punto que se convirtió en la primera profesora robot en todo el mundo.

En esta misma línea de aportar a la experiencia de aprendizaje en niños, niñas y adolescentes, el programa de Robots Receptores de Cuidados (Care-Receiving Robots) es una iniciativa para facilitar la socialización entre niños y robots en las aulas. Impulsado por el Departamento de Tecnologías Inteligentes e Interacción de la Universidad de Tsukuba, potencia las capacidades de los y las estudiantes para que corrijan a los robots en distintas habilidades que muestran intencionalmente con errores, como en las formas de expresión oral, o caligráfica. Con esto, la interacción más que desde una perspectiva vertical de maestro-alumno, se realiza desde una posición horizontal de amigos.

### Contribución a las STEM

La socialización es una condición fundamental para que la experiencia de la educación sea exitosa, pues la interacción entre pares permite desarrollar el conocimiento desde el trabajo en equipo. También como hemos visto, los robots son útiles en la necesidad de contar con nuevos profesionales en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM por sus siglas en inglés). Esta idea es desarrollada ampliamente por Amy Eguchi, en una publicación sobre robótica en la educación, donde la aborda como una herramienta de aprendizaje clave para la transformación educativa, ya que el uso de los robots en las salas de clase contribuye directamente en familiarizar a los estudiantes desde temprana edad en tales disciplinas, incluso que su utilización masiva

podría contribuir en incrementar la cantidad de trabajadores STEM en el futuro, no solo en Japón sino en todo el mundo.

Tales ventajas se lograrían gracias a la cualidad de transdisciplinariedad de la robótica, ya que para desarrollarla es necesario comprender conceptos que son transversales a las áreas del conocimiento de las STEM, como matemáticas, mecánica o programación, incluso también sobre los contextos sociales, comunitarios y biológicos donde los robots son introducidos. Es por ello que Eguchi plantea que la robótica provee oportunidades para que los estudiantes integren distintos tipos de conocimiento en sus proyectos.

Estas experiencias evidencian que la introducción de robots en las salas de clase para desarrollar las STEM podría ser efectiva por su entrega de herramientas para lograr formas de pensamiento tecnológico y generar nuevas habilidades de aprendizaje. Es por ello que los robots educativos brindan la posibilidad de aprender disciplinas relacionadas con la ingeniería, pero también ciencias sociales, literatura, diseño, danza, música y arte. Esto es lo que se conoce como una forma de aprendizaje "manos en mente" que motiva a los alumnos a desarrollar más y más habilidades.

### **Robots para ayudar a estudiantes hospitalizados o en cuarentena**

Otro robot utilizado con fines educativos es OriHime. Más que un estudiante sustituto, ayuda a niños, niñas y adolescentes enfermos para que atiendan la materia de clases sin necesidad de estar presentes. Este robot permite que quienes se encuentran en un hospital o confinados en casa por alguna enfermedad, sigan la materia dictada por el profesor de manera remota, incluso interactuar y jugar.

Esta posibilidad permite no atrasarse en los estudios y avanzar tal y como lo hacen quienes están presentes.

Aunque este adelanto de la robótica no es una realidad que se replique en todo el territorio japonés, tampoco hay una ley o una política que regule su uso a nivel nacional, sin embargo, la prefectura de Hiroshima respalda y promueve el uso de OriHime en sus escuelas. Más aún, la autorización para que OriHime asista como extensión sensorial de estudiantes con imposibilidad de asistir a clases, ha sido incluso un acto osado en relación con lo expresado por el Ministerio de Educación nipón, cuya posición respecto del uso de la tecnología con estos propósitos, sobre todo en la enseñanza secundaria, es que quienes estudian de forma remota deben contar con un maestro que los monitoree.

No obstante, la junta educativa de la prefectura, instruyó a todas las escuelas que están bajo su jurisdicción para que reconozcan a quienes utilicen a OriHime por encontrarse en una situación médica especial como si estuviesen presentes en la sala de clases. De esta manera, en vez de un profesor que mide los progresos, la autoridad reconoce la supervisión realizada por médicos y padres, incluso cuando esta se lleve a cabo "de vez en cuando" debido a las dificultades. Tal flexibilidad se explica por la necesidad de lograr que la educación no sea un motivo adicional de tensión. "Creemos que podemos sentar las bases para un entorno donde los estudiantes puedan estudiar con menos de qué preocuparse", señala un funcionario de la prefectura de Hiroshima.

### **¿Cómo opera OriHime?**

Las aplicaciones de este robot no se han desarrollado totalmente, pues aún se utilizan sus primeras versiones en el Hospital Univer-

sitario de Hiroshima, sin embargo, ha tenido un desempeño exitoso en la representación de estudiantes, incluso se considera una herramienta prometedora por su capacidad de complementar la ardua tarea del aprendizaje escolar independientemente de su utilización de ayuda a estudiantes enfermos. Esto porque su composición anatómica simple -tiene una altura de 23 centímetros y se compone de tres partes: torso, cabeza y brazos- hace que sus capacidades vayan más allá de la simple transmisión de imágenes en tiempo real hacia una aplicación de smartphone.

Es un pequeño humanoide equipado con micrófono, altavoz y una cámara. Además, las extremidades pueden moverse con el toque de un botón si así lo determina quien manipula, para señalar objetos, personas, o transmitir intenciones, incluso expresiones. Tales cualidades hacen que OriHime pueda actuar en representación de una persona, como si fuese una proyección o un fiel representante, al punto que puede jugar a las cartas, girar la cabeza y apuntar con las manos, o responder preguntas.

## Reflexiones en torno a la robótica, educación y pandemia en Japón

La industria japonesa de robótica durante la crisis sanitaria del Covid-19 ha desplegado sus esfuerzos en orden de atender la labor que realiza el personal médico en hospitales y residencias sanitarias, llevando a cabo acciones que van desde la toma de muestras, señales vitales, hasta labores de alimentación y cuidado de enfermos. Aunque pareciera que el sector de la salud tiene la prioridad, el hecho que robots como Pepper de Softbank que fueron diseñados con propósitos de atención al cliente hoy realicen actividades de complemento a la medicina y enfermería es una señal

sobre la versatilidad de este tipo de tecnología para su uso con diversos tipos de propósitos.

Algo similar sucede con Saya en la enseñanza del inglés o la experiencia con OriHime, fabricados inicialmente para el trabajo en hoteles, sin embargo su software construido con IA y las posibilidades de interacción que brinda a los usuarios, hace que hoy sean considerados en diversos sectores del Estado japonés como herramientas innovadoras para la educación de niños, niñas y adolescentes. Más aún, frente al inminente incremento de estudiantes con habilidades en programación, es probable que la utilización y construcción de robots también aumente considerablemente.

En consideración de esta etapa de desarrollo y tomando en cuenta las nuevas condiciones que genera la vida escolar durante la pandemia y la realidad que podría configurarse en un planeta evidentemente vulnerable ante las crisis sanitarias, incluso emergencias provocadas por desastres naturales, la robótica podría aportar en autonomía en un doble propósito.

El primero se relaciona con la contención de contagios. Tal como demuestra la experiencia con OriHime en Hiroshima, aquellas personas con Covid-19 pueden mantenerse en sus casas o centros de salud y no perder continuidad en los estudios. El segundo se vincula con la autonomía del aprendizaje y la expresión "robótica para la educación" de Jacek, donde la fabricación de robots supone la resolución de problemas que implican un aprendizaje multidisciplinario. Esta experiencia podría lograrse de manera individual y autodidacta, aunque en contacto remoto con compañeros, compañeras y docentes para desarrollarse de la manera más colaborativa posible.

Tales propósitos, más que una medida provisoria en espera de retornar a una realidad

pre-pandemia, podría considerarse como una práctica complementaria permanente, pues no busca ser una alternativa a la irremplazable labor de los y las profesores, o a las ventajas que produce el contacto, la socialización y los aprendizajes del trabajo en equipo.

---

## Referencias

BCN Observatorio Asia Pacífico; "El aporte de los robots en China y Japón para la contención del coronavirus", mayo 2020. Disponible en: <http://bcn.cl/2f3es>

BCN Observatorio Asia Pacífico; "La decisión de Japón de enseñar programación en todo su sistema educativo"; septiembre 2018. Disponible en: <http://bcn.cl/270wq>

BCN Programa Asia Pacífico; "El camino de Japón para una estrategia de robótica"; Serie Asia Pacífico; diciembre 2019; pág 7. Disponible en: <http://bcn.cl/2f2f>

Dubroff, Dee; "Introducing a robot teacher named Saya"; Digital Journal; mayo 2009. Disponible en: <https://bit.ly/2KHIIHl>

Eguchi, Amy; "Robotics as a Learning Tool for Educational Transformation"; 5th International Conference Robotics in Education; julio 2014. Disponible en: <https://bit.ly/30fyYep>

Hamakawa, Taichi; "Japanese School Kids Learn English from AI Robots"; Japan Forward; noviembre 2018. Disponible en: <http://bcn.cl/2c619>

Johnson, Jeffrey; "Children, robotics, and education"; 2003. Disponible en: <https://bit.ly/2Daknb4>

Malec, Jacek; "Some thoughts on robotics for education"; 2001. Disponible en: <https://bit.ly/3hLVHoo>

Nomura, Tatsuya; "Robotics in Education: Psychological Relationship with making-artifacts, computers and mathematics in Japan"; 2008. Disponible en: <https://bit.ly/3gat0kn>

Tanaka, Fumihide; "Care-receiving Robot as a Tool of Teachers in Child Education"; enero 2010. Disponible en: <https://bit.ly/3ggl7tl>

The Japan Times; "Avatar robot allows Hiroshima students to attend classes from hospital beds"; enero 2020. Disponible en: <http://bcn.cl/2f157>

The Japan Times; "Computer programming seen as key to Japan's place in 'fourth industrial revolution'"; junio 2016. Disponible en: <http://bcn.cl/2f2f8>

The Nippon Foundation; "Orihime Robot Connecting Classrooms as an Extension of Children"; abril 2018. Disponible en: <http://bcn.cl/2f158>





ÉTICA DE LA  
ROBÓTICA E  
**INTELIGENCIA  
ARTIFICIAL (IA)**



Falta pie de foto

# Inteligencia artificial, ética y participación ciudadana

Por **Demián Arancibia**<sup>101</sup>, **Carlos Ávila**<sup>102</sup>, **Jacinta Girardi**<sup>103</sup>, **Natalia González**<sup>104</sup>, **José A. Guridi**<sup>105</sup>

La Inteligencia Artificial (IA) es una tecnología que ha cobrado especial relevancia a nivel mundial durante los últimos años. Pese a que se tiende a pensar que es una tecnología de alta especialización, lo cierto es que día a día las personas interactúan con aplicaciones y dispositivos que la incorporan como una herramienta para simplificar procesos, entregar recomendaciones personalizadas, resolver problemas, entre otras labores. Junto a las oportunidades que ofrece, la IA también ha sido fuente de debate por los dilemas éticos y riesgos

para la sociedad que le son inherentes. Frente a esto, actores públicos y privados han comenzado a desarrollar estrategias para responder a los desafíos y oportunidades de esta tecnología, entre los cuales se inserta la elaboración de la Política Nacional de Inteligencia Artificial de Chile. Entendiendo que la IA influye directamente en la vida de las personas, el presente artículo tiene por objetivo exponer la experiencia del plan de participación ciudadana ideado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación del Gobierno de Chile para incorporar la deliberación ciudadana en la redacción de la Política.

<sup>101</sup> Ingeniero de la Universidad de Chile y Magíster en Ingeniería de Sistemas de Cornell University. Jefe del Equipo Futuro en el Gabinete del Ministro de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

<sup>102</sup> Ingeniero y Magíster en Ciencias de la Ingeniería Hidráulica y Ambiental de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Asesor del Equipo Futuro en el Gabinete del Ministro de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

<sup>103</sup> Socióloga y Magíster en Sociología de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Asesora del Equipo Futuro en el Gabinete del Ministro de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

<sup>104</sup> Abogada de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Asesora del Equipo Futuro en el Gabinete del Ministro de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

<sup>105</sup> Ingeniero y Magíster en Ciencias de la Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica de Chile y profesor de dicha escuela. Asesor del Equipo Futuro en el Gabinete del Ministro de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

## ¿Qué es y por qué importa la Inteligencia Artificial?

Hoy estamos en constante interacción, de manera consciente e inconsciente, con sistemas de IA. Por ejemplo, encontramos esta tecnología cuando nos recomienda qué película o serie nos podría gustar, decide qué vemos (y qué no) en redes sociales, conversa a través de chatbots o asistentes virtuales, por nombrar

solo algunos casos. Si se quisiera cuantificar de alguna forma, PwC estimó que el Producto Interno Bruto a nivel mundial crecería en USD\$15,7 trillones para el 2030<sup>106</sup>, debido a que la IA mejoraría la calidad y personalización de productos y servicios y la productividad de la fuerza laboral.

La gran penetración y transversalidad de la IA la han llevado a posicionarse como una nueva tecnología de propósito general, como lo son la electricidad y el Internet. Como ellas, la IA influye directamente en la vida de las personas, su entorno y la sociedad que queremos construir en relación con ella. Esto configura un sistema socio-técnico que plantea importantes desafíos respecto a cómo se diseñan políticas que promuevan, efectivamente, el bienestar, salvaguardando los derechos fundamentales de todos los individuos.

Sin embargo, pese a su penetración y rápido avance (y en parte, a causa de esta velocidad), aún no hay consenso sobre la definición de IA. Desde que el término fue acuñado en 1956 ha tenido diversas aproximaciones y entendimientos, los cuales probablemente seguirán variando en el futuro. El presente documento, entiende IA a partir de la manera en que la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) la ha definido<sup>107</sup> de forma general como “un sistema computacional que puede, para un determinado conjunto de objetivos definidos por humanos, hacer predicciones y recomendaciones o tomar decisiones que influyen en entornos reales o virtuales”<sup>108</sup>. A su vez, los sistemas de IA pueden tener distintos niveles de autonomía e incluyen diversas

técnicas como el aprendizaje de máquina (machine learning), el aprendizaje profundo (deep learning), el aprendizaje reforzado (reinforced learning), entre otras.

## Ética de la Inteligencia Artificial y deliberación en torno a ella

Pese a las múltiples oportunidades que ofrece la IA, ella también se asocia a riesgos y dilemas éticos que deben ser abordados adecuadamente. Algunos temas relevantes en este ámbito, tanto para la opinión pública como para la especializada, son la generación o amplificación de sesgos no deseados en algoritmos<sup>109</sup>, el desarrollo de sistemas de vigilancia basados en reconocimiento biométrico<sup>110</sup>, los posibles trade-offs entre privacidad y explicabilidad con eficiencia y eficacia, la necesidad de consensos en aplicaciones como en los vehículos autónomos<sup>111</sup>, el impacto de la automatización, entre muchos otros. Este escenario hace que sea especialmente relevante considerar las preocupaciones, ventajas y oportunidades que perciben las personas en esta tecnología y sus aplicaciones.

La resolución de los dilemas éticos y el cómo lidiar con los diversos impactos sociales presentan una dificultad que es inherente a la interconexión de la IA con las personas, sociedades y sus entornos. La búsqueda de soluciones globales a través de estándares y principios se enfrenta a la multiplicidad de culturas e idiosincrasias en que los sistemas de IA están inmersos. Para ilustrar este punto, se puede analizar brevemente el caso de los vehículos autónomos y el reconocimiento facial y las

---

<sup>106</sup> PwC; “Seizing the Price”; 2017. En: <http://bcn.cl/2k24j>.

<sup>107</sup> OECD; “Artificial Intelligence in Society”; 2019; OECD Publishing. En: <http://bcn.cl/2k24l>

<sup>108</sup> Traducción del Banco Interamericano de Desarrollo en Cabrol, M., N. González, C. Pombo y R. Sánchez; “Adopción y ética y responsable de la inteligencia artificial en América Latina y el Caribe”; 2020; pág 12. En: <http://bcn.cl/2k24o>

---

<sup>109</sup> Zou, J., & Schiebinger, L.; “Design AI so that it’s fair”; 2018; Nature, 559(7714), 324-326.

<sup>110</sup> Campbell, C.; “How China Is Using “Social Credit Scores” to Reward and Punish Its Citizens.”; 2019. En: <http://bcn.cl/2k24q>

<sup>111</sup> Awad, E., Dsouza, S., Kim, R. et al.; “The Moral Machine experiment”; 2018; Nature 563, 59–64. En: <http://bcn.cl/2k24r>

diferencias en la forma en que distintos países lo han abordado.

En primer lugar, en una publicación reciente, académicos del Massachusetts Institute of Technology<sup>112</sup> estudiaron el clásico dilema filosófico del tranvía aplicado a vehículos autónomos. En este experimento, los participantes se veían enfrentados a múltiples escenarios en que debían decidir quién se salvaba en caso de un accidente. Si bien los resultados presentan distintas limitaciones discutidas en el artículo, se observaron tendencias que, dependiendo de la región, diferían en las características de quién debía ser salvado. Por ejemplo, la región asociada mayoritariamente a países asiáticos priorizó salvar a quienes respetaban la ley al momento del siniestro (por ejemplo, el peatón que cruza con verde) y no consideraron importante la edad de la persona; mientras que en la región principalmente asociada a países latinoamericanos se priorizó salvar a aquellas personas más jóvenes y de mayor estatus social. Esto da cuenta de cómo las respuestas a las encrucijadas éticas que plantea la IA no son únicas, sino que dentro de lo técnico, se acopla un debate social y político que es importante propiciar a nivel local.

En segundo lugar, el ejemplo del uso de tecnologías de reconocimiento facial (que hacen uso de la IA) presenta diferencias notorias entre países, que usualmente responde a visiones dispares de la sociedad. Mientras que China y Rusia han usado extendidamente esta tecnología para la pandemia por Covid-19, en enero de 2020 la Comisión Europea, en su whitepaper sobre inteligencia artificial<sup>113</sup>, observó que este tipo de aplicaciones debieran ser siempre consideradas de alto riesgo y que,

por tanto, debieran existir requisitos especiales para su uso, además de concurrir alguna de las circunstancias que excepcionalmente permiten la identificación biométrica de acuerdo al Reglamento General de Protección de Datos<sup>114</sup> (GDPR, según sus siglas en inglés). Esto, se explica, porque podría asociarse a posibles riesgos para derechos humanos como la dignidad, la privacidad, la libertad de expresión y la no discriminación a ciertos grupos.

Estos ejemplos muestran la importancia de abordar la gobernanza de la tecnología considerando la cultura y las idiosincrasias locales. Sin embargo, hasta la fecha, la discusión ha estado concentrada en el hemisferio norte, en particular en Estados Unidos y Europa. Esto se evidencia en la publicación del Harvard Berkman Klein Center donde, de 36 principios de IA identificados en el mundo, solo dos tienen su origen en Latinoamérica<sup>115</sup>.

Otra publicación, unos meses antes, analiza 84 documentos con lineamientos éticos, de los cuales ninguno fue emitido en Latinoamérica o África<sup>116</sup>. De hecho, el borrador de la Recomendación sobre la Ética de la Inteligencia Artificial de la UNESCO sometido a consulta pública hasta el 31 de julio de 2020 expresa esta preocupación:

Haciendo hincapié en que debe prestarse atención específica a los países de ingreso mediano bajo, incluidos, entre otros, los de África, América Latina y el Caribe y Asia Central, así como los pequeños Estados insulares en desarrollo, ya que han estado insuficientemente representados en el debate sobre la ética de

<sup>112</sup> Ibid.

<sup>113</sup> Comisión Europea; "On Artificial Intelligence - A European approach to excellence and trust"; 2020. En: <http://bcn.cl/2k24t>

<sup>114</sup> "General Data Protection Reglament". En <https://gdpr-info.eu/>

<sup>115</sup> Fjeld et al.; "Principled Artificial Intelligence: Mapping Consensus in Ethical and Rights-Based Approaches to Principles for AI"; 2020. En: <http://bcn.cl/2k24u>

<sup>116</sup> Jobin, A., Ienca, M. & Vayena, E. "The global landscape of AI ethics guidelines"; 2019.

la IA, lo que suscita la preocupación de que se descuiden los conocimientos locales, el pluralismo cultural y ético, los sistemas de valores y las exigencias de equidad mundial.<sup>117</sup>

Esta concentración de la discusión hace sumamente relevante que los países en desarrollo se hagan parte de ella y contribuyan desde su realidad local. Para esto se hace cada vez más patente la necesidad de cada país de analizar si sus leyes vigentes son suficientes, si requieren modificaciones o bien la introducción de nuevos marcos legales. En el caso de Chile, ese análisis debiera considerar, entre otros, los proyectos de ley que modifican las leyes No. 19.628, sobre protección de la vida privada, y No.19.223, que tipifica figuras penales relativas a la informática, de 1999 y 1993 respectivamente.

## El caso del desarrollo de la Política Nacional de Inteligencia Artificial de Chile

En agosto del 2019, el presidente Sebastián Piñera encargó al Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación la creación de una Política Nacional de Inteligencia Artificial y un Plan de Acción. Esta tiene como misión empoderar a la ciudadanía en el desarrollo y aplicación de herramientas de IA y propiciar su participación en el debate sobre sus consecuencias legales, éticas, sociales y económicas. Así, desde su origen, la política no busca solo aprovechar los beneficios de la tecnología, sino que también configurar la nueva sociedad chilena que emerge de la interacción de las personas con la IA a través del empoderamiento y la deliberación ciudadana.

Para alcanzar este objetivo el plan de trabajo

---

<sup>117</sup> UNESCO, "Primera Versión del Proyecto de recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial", 2020. En: <http://bcn.cl/2k24v>

de la Política ha ido evolucionando y configurando distintos espacios de participación, más aún en el contexto del estallido social de octubre de 2019, y la pandemia que llegó a Chile en marzo de 2020. Estos espacios, en el contexto de la Política, de ninguna manera agotan la discusión, sino que son un inicio para procesos de deliberación que deberán configurarse a través de los próximos años en el marco de la IA y otras tecnologías emergentes. De hecho, en este tema, materias como la propiedad intelectual, los derechos y deberes de los consumidores y la transparencia algorítmica están suscitando nuevas discusiones que, a nivel mundial, han comenzado por preguntar qué preguntar<sup>118</sup>.

Complementando a un comité interdisciplinario de expertos y un comité interministerial, se diseñó un proceso de participación ciudadana incluso antes de la existencia de un borrador. Su fin es que chilenos y chilenas puedan hacerse parte de la construcción de la Política a través de instancias de deliberación abierta junto con una activa iniciativa de información. A esto se le sumará una segunda etapa que consistirá en una consulta pública del borrador de la Política durante el segundo semestre de 2020.

Actualmente el proceso de participación ha estado conformado por tres componentes. En primer lugar, entre marzo y agosto se abrió la posibilidad a la ciudadanía de generar mesas autoconvocadas<sup>119</sup>. Esta instancia permite que cualquier persona y/o agrupación pueda discutir temas específicos o la política completa y enviar sus insumos para ser considerados en su elaboración. A la fecha se han autoconvocado más de 40 mesas que incluyen, entre otras, agrupaciones gremiales, empresas tecnológi-

---

<sup>118</sup> World Intellectual Property Organization; "Impact of Artificial Intelligence on IP Policy: Call for Comments", 2019. En: <http://bcn.cl/2k24w>

<sup>119</sup> Más información de este proceso puede encontrarla en <http://www.minciencia.gob.cl/politicalA>

cas y no tecnológicas, grupos de académicos de diversas disciplinas, organizaciones de la sociedad civil y personas naturales. Algunos ejemplos, que dan cuenta de la diversidad de visiones, son las mesas de la ACTI, la SOFOFA, la AMCHAM, la ONG Derechos Digitales, la CENABAST, académicos de las ciencias sociales y humanidades convocados por el Laboratorio de Investigación de Cultura Digital, académicos de la Universidad de Concepción, niñas convocadas por Ingeniosas, actores de la industria de videojuegos de la Quinta Región, entre muchas otras.

En segundo lugar, desde mayo el Ministerio ha organizado charlas en línea (webinars) todos los martes a las 18:00, donde los expertos invitados discuten desde diversas visiones sobre IA. Esto ha contribuido a acercar la temática a la ciudadanía, mostrar su transversalidad y motivar la deliberación. Estas instancias, transmitidas vía Zoom y luego disponibles en YouTube<sup>120</sup>, han llegado a más de 3500 personas. En los webinars se han abordado variadas temáticas, entre las cuales se encuentran la brecha de género y los potenciales sesgos que emergen de ella, la adopción de la IA en la industria, la inspiración de la tecnología en la neurociencia, la desinformación y la robótica social.

En tercer lugar, el mandato presidencial explicitó la necesidad de la deliberación regional para la construcción de la Política. En noviembre de 2019 se realizaron mesas en algunas regiones del país, sin embargo, este proceso debió ser suspendido por la pandemia del Covid-19. Las mesas de trabajo reiniciaron su ejecución en julio de 2020 en forma digital, y se estarán realizando hasta agosto para identificar las oportunidades y desafíos propios de las regiones, de forma que puedan quedar representados en la Política Nacional.

<sup>120</sup> Los webinar podrán encontrarlos en <http://bit.ly/WebinarsMincienciaA>.

La construcción de la Política chilena no ha terminado, pero se pueden extraer algunas lecciones del proceso en curso. En primer lugar, pese a que se puede suponer que existe un bajo conocimiento de la tecnología, existe un alto interés que se manifiesta en forma transversal en la sociedad. Esto se hace evidente en la diversidad de mesas autoconvocadas que respondieron al llamado, no conformándose necesariamente de expertos, sino que de personas de distintas edades, ocupaciones, disciplinas e intereses muchas veces ajenos a la IA y la tecnología. La discusión no solo abarca la especificidad técnica de la IA, sino que también el sentir de la ciudadanía con respecto a ella, lo que contribuye a construir un imaginario común que sirve de cimiento para el desarrollo conjunto de la sociedad junto a esta nueva tecnología.

En segundo lugar, el proceso de deliberación junto a la difusión ha permitido generar mayor conciencia y educación sobre la IA. Los webinars y las mesas de trabajo se han convertido en un espacio en que chilenos y chilenas pueden co-construir en torno a la IA y, al mismo tiempo, conocer más de la tecnología, sin verse inmersos en instancias verticales de educación. Esto es especialmente importante en países de ingresos bajos y medios, como los latinoamericanos, que deben salvar importantes brechas en conocimiento y desarrollo al tiempo que se hacen parte de las discusiones globales.

Por último, las diversas instancias de participación ciudadana, tanto de información como de deliberación, sirven como catalizador del mismo proceso. Las personas que se han hecho parte de alguno de los componentes del proceso, como las mesas regionales o los webinars, se convierten en embajadores de la importancia de participar y deliberar, organizando mesas autoconvocadas o motivando

a otros a hacerlo. En esta línea, se infiere que es importante que este tipo de desarrollo de políticas contemple una combinación de eventos organizados en forma centralizada como espacios de autogestión facilitados con herramientas como plataformas y/o manuales adecuados.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (CTCI) entró en funcionamiento en octubre de 2019 con el gran desafío de posicionar la CTCI como agentes fundamentales en el desarrollo sostenible e integral de Chile. Esto hace posible trazar un camino propio con miras a mejorar la calidad de vida de chilenos y chilenas y aportar al desarrollo de los territorios. La creación de una Política Nacional de Inteligencia Artificial que incorpora un extenso proceso de participación ciudadana apunta precisamente en la dirección de empoderar a los ciudadanos en su relación con la CTCI, haciendo suyos los potenciales beneficios, pero también convirtiéndonos en co-responsables en cómo abordaremos sus potenciales riesgos.







DESAFÍOS  
ÉTICOS DE LA  
ROBÓTICA **EN**  
**EL ÁMBITO DE**  
**LA PANDEMIA**



Robot Eva en Hospital Padre Hurtado

# La robótica social en pandemia: **Los desafíos éticos de un nuevo medio de comunicación y cómo aprovechar sus potencialidades**

Por: **Carmina Rodríguez Hidalgo**<sup>121</sup>

De todos los grandes desafíos que ha traído la pandemia, uno de los principales ha sido la obligación de mantener el aislamiento físico, con el objetivo de prevenir contagios. En medio de este desafío, la robótica ha emergido como solución para actuar de mediador entre los seres humanos, ofreciendo ambos un servicio funcional y social, previniendo contagios. A raíz de la pandemia, en Chile se han instalado algunas iniciativas que ofrecen soluciones, sin embargo éstas han apuntado principalmente a un uso más funcional que social de la robótica. Esto es sorprendente, debido a que una de las más grandes potencialidades de los robots es su parte social, la cual también conlleva desafíos éticos. El presente texto se enmarca dentro de este contexto y pretende revisar cuáles han

sido las principales aplicaciones de la robótica en el contexto Covid 19 en el país. Además, presenta el componente social de la robótica, el cual es clave para entender sus potencialidades y finalizar con una revisión de sus desafíos éticos y presenta puntos clave que deberían establecerse en la política pública para que Chile pueda sacar el máximo provecho de estas potencialidades.

## **Los robots funcionales y sus principales aportes**

Los llamados robots funcionales o de servicio son aquellos que cumplen una tarea específica y cuyo fin último no es la interacción social, como tareas de limpieza, monitoreo o patrullaje. En el contexto de la pandemia Covid-19 alrededor del mundo han sido utilizados para cumplir tareas de desinfección, transporte y

---

<sup>121</sup> Académica Escuela de Comunicaciones y Periodismo, Universidad Adolfo Ibáñez, Doctora y Magíster en Investigación en Comunicaciones, Universidad de Ámsterdam. Periodista Universidad de Chile.

monitoreo. Podemos contar al menos cuatro tipos de robots funcionales:

**Drones:** Ha sido destacada como una de las diez tecnologías para combatir el coronavirus, en un reporte reciente de la unidad científica del Servicio de Investigación Parlamentaria Europea (EPRS, por sus siglas en inglés, abril 2020). Según el reporte, un dron "facilita las tareas de poner en práctica medidas de contención y de distanciamiento social, ayudando a reducir el número de contactos cara a cara, pero también liberando recursos humanos esenciales (como trabajadores de la salud y seguridad), mientras que se minimiza la exposición al virus, con ello reduciendo las posibilidades de contaminación" (p. 16). En Chile este uso de los drones se dio en Zapallar en abril 2020, implementado por la Municipalidad. Drones llevaron material preventivo del coronavirus, tales como alcohol gel y guantes, a familias en localidades aisladas. "Ahora tenemos una solución para ayudar a la población de alto riesgo a obtener medicinas, sin exponer a un trabajador público o a un miembro de la familia que esté en cuarentena", dijo el alcalde de Zapallar sobre este plan piloto (Núñez-Torrón, 23 abril 2020).

**Robots de telepresencia:** Estos robots permiten la comunicación entre humanos en tiempo real a través de una pantalla. Es el caso de Enova robot, un robot con dos ruedas y un pedestal, que en su punta alberga un dispositivo tipo iPad, capaz de moverse autónomamente, conectando por ejemplo a un enfermo aislado en un hospital con su médico o con familiares. Esta conexión se realiza a través de una cámara de video, pantalla, parlantes y micrófonos a través del cual la persona puede interactuar con una persona o al operador del robot, quien está ubicado a cierta distancia y puede "ver" lo mismo que el robot está viendo o escuchando.

**Robots patrulleros y/o de limpieza:** Para desinfectar ambientes, por ejemplo un robot con ruedas y con un tubo en forma de pedestal que circula irradiando luz ultravioleta, capaz de eliminar patógenos. Estos patrullan hospitales y otros centros de atención al público sanitizando los ambientes. Este tipo de robot fue por ejemplo ampliamente utilizado en el hospital de Wuhan, ciudad donde emergió la pandemia. En Chile, ha destacado más el uso de robots patrulleros. Éstos, también con ruedas y capaces de circular de manera autónoma, pueden patrullar y vigilar zonas grabando imágenes, las cuales son enviadas encriptadas a un centro de seguridad. El robot cuenta con cuatro ruedas de tracción 4x4 y un poste en cuyo punto más alto tiene cámaras en alta definición con visión de 360 grados. Tiene un armazón de acero altamente resistente. Un robot patrullero que ha sido utilizado en Chile es el robot Tiger en plazas de la comuna de Vitacura. "Está lejos de ser un humano, pero para determinadas tareas puede ser muy productivo," dijo tras la inauguración Pablo Eckell, director ejecutivo de Smartbot, empresa que en Chile arrienda estos robots de servicio (Carvalho, enero 2018).

**Robots de atención a la salud:** En el hospital Padre Hurtado, circula durante la pandemia Eva, un robot de cerca de 1.30 metros de alto, con un pedestal con ruedas y con pantalla táctil en el pecho, con brazos, y una "cara" que muestra dos ojos tiernos. Eva es una de las primeras asistentes robots de telepresencia (que permite conectar a un paciente aislado con su enfermero/a o con familiares a través de su pantalla), que puede medir la temperatura, y chequear a los pacientes. El robot Eva posee sensores en el cuerpo, una batería automáticamente recargable que dura al menos ocho horas, una cámara para visualizar y reconocer a pacientes, un micrófono, conexión a Internet, movimientos de 360 grados, un sistema de movimientos automáticos e inteligentes, útiles

para hacer rondas y aprender del ambiente en el que se encuentra gracias a la inteligencia artificial. "La idea de incorporar a un robot es apoyar y complementar el trabajo de nuestros diferentes equipos de salud", dice el doctor Hernán Bustamante desde el pecho de Eva, tal como si fuera una teleconferencia (24 horas, 18 mayo, 2020).

### **Robots sociales: ¿por qué son tan relevantes?**

Aparte de los robots funcionales, también existen robots que son comunicativos con el usuario de manera verbal y no-verbal, es decir tienen un rol más social. Un robot social es aquel capaz de interactuar con humanos de una manera semejante a como los humanos interactúan entre ellos (Broadbent, 2017). Estos robots son especialmente relevantes porque tienen dos principales atributos. El primero es que tienen una importante función de compañía, cuyos efectos hasta ahora han sido investigados principalmente en la tercera edad y en los niños. Por ejemplo, diversos estudios dan cuenta de robots sociales como Paro, el cual tiene forma de tierna foquita, y que luego de un mes de introducción en un hogar de ancianos, disminuyó los niveles de estrés en adultos mayores (Wada & Shibata, 2006).

El segundo atributo es que estos robots poseen un efecto potencializador de la comunicación, es por ello que por ejemplo están siendo utilizados ampliamente en la educación para potenciar el aprendizaje. Por ejemplo, el robot Tega, el cual tiene forma de personaje animado de caricatura infantil, ha mostrado ser efectivo en el aprendizaje de nuevas palabras (Gordon et al, 2016). Uno de los enfoques más efectivos de esta potenciación es el emocional, por ejemplo el robot Tega fue más efectivo cuando

daba retroalimentación emocional positiva cada vez que el niño decía una palabra correcta. En Chile, un robot de fabricación chilena subsidiado por Corfo (Sima robot), el que tiene forma antropomorfa y parece un simpático personaje animado, está siendo utilizado durante la pandemia para cargar material escolar para clases en línea desde casa (CNN, 17 abril 2020). Además, Sima es capaz de reforzar conductas positivas en los niños, por ejemplo el lavado de manos como prevención al coronavirus, todo esto gracias a que posee cualidades "empáticas" de responder emocionalmente a los usuarios mediante comunicación verbal y no-verbal (Rodríguez-Hidalgo, 2020).

### **El robot social: ¿por qué podrían ser más efectivos?**

Los robots sociales se han vuelto cada vez más sofisticados, siendo capaces de responder a preguntas de humanos por voz y elementos no-verbales utilizando un repertorio de respuestas que su sistema elige, utilizando tecnologías de inteligencia artificial, tales como IBM Watson. Estos robots tienen una corporalidad, lo cual los diferencia de otras tecnologías sin cuerpo, como podrían ser los chatbots. Esta corporalidad hace que estos robots puedan emplear lenguaje no verbal, tales como mover los brazos y rasgos faciales en el caso de los robots sociales más antropomorfos, es decir robots con diseño de cuerpo parecido al humano. Por el hecho de tener un cuerpo físico, los robots pueden poseer más presencia social que otras tecnologías (Jung & Lee, 2004). Esto quiere decir que un robot se siente más "presente" en el espacio físico que otros medios, lo que podría tener importantes consecuencias psicológicas, tales como que la comunicación con estos agentes podría ser más efectiva que otros medios de comunicación. Por ejemplo,

si un robot social nos pide que nos lavemos las manos y nos da instrucciones imitando el gesto de lavado, esta comunicación tendrá un componente más "experiencial" que si obtuviéramos la misma información de una pantalla de tablet, la cual tiene sólo dos dimensiones, reforzando el mensaje.

Dadas sus características de iniciar interacciones verbales con otros y también la de responder a las personas, éstos han adquirido un nuevo "estatus" de comunicador en sí mismo (Zhao, 2006). Esto es diferente a la de otras tecnologías, que principalmente actúan como un ente a través del cual la información "circula". Por ejemplo, un televisor o radio más bien transmiten contenido hecho por humanos para otros humanos, o bien en una conversación telefónica, el rol del teléfono es el de actuar como transmisor de información entre personas. Ahora bien, en el robot social, ocurre que el medio tecnológico y el emisor del mensaje se fusionan, es decir, el robot se vuelve comunicador (Guzman, 2018). Estas dos características emergentes, su cuerpo físico y su nuevo estatus como nuevo medio de comunicación, representan una revolución en sí, lo cual transforma al robot social en un nuevo ente con diversas potencialidades, muchas de las cuales podrían ser aprovechadas aún más. Sin embargo, estas potencialidades también despiertan desafíos y preguntas éticas, dilemas que como sociedad, expertos y gobernantes debemos resolver y discutir.

### Los robot sociales y sus principales desafíos éticos

Algunas preguntas que se despiertan son: ¿Qué tan "real" es la interacción con uno de estos robots? ¿Qué peligros conlleva? ¿Qué tan digna es la relación humano-robot? Aunque

aquí no se pretende cubrir todos los aspectos éticos relacionados al uso de estos robots, si se hará referencia a los principales desafíos, los cuales difieren según el tipo de robot. Para los robots funcionales o más "utilitarios", como podrían ser los robots patrulleros o de desinfección de lugares, un primer desafío tiene que ver con la seguridad en su desplazamiento o funcionamiento, según el informe de la ERPS (por sus siglas en inglés). Por ejemplo, si un robot falla al desplazarse y daña los ambientes o las personas. Aunque la seguridad de estas máquinas ha mejorado, no puede descartarse que existan problemas. Para ello, es relevante que los humanos cooperen estrechamente para la vigilancia y operación de estos robots, lo cual además, prevendría una posible pérdida de empleos.

Un segundo desafío y uno de los más cruciales es el uso y divulgación de la información que recolectan estos robots de servicio. "Nuestra mayor defensa allí es que la información que puedan enviar estos robots a un punto de conexión, por ejemplo a una central de seguridad, está encriptada," comenta un desarrollador de robots. En efecto, dado que la comunicación está encriptada, evitaría que terceros pudieran acceder al contenido. Lo que se debe asegurar allí es que las personas que reciben la información hagan un uso ético de este contenido, comprometiéndose a no divulgar información a terceros.

Con respecto a los robots de uso más social, un tercer desafío ético es la decepción, entendida a raíz de la "artificialidad" de cualquier interacción o comunicación. Esto se refiere por ejemplo al hecho de que si un robot social muestra una sonrisa, en el fondo es una simulación, no es una sonrisa real emanada del hecho de que un robot sí tenga emociones. Frente a esta problemática, Wachsmuth (2018) plantea de que los humanos en gran parte



gustan de la decepción, en el sentido de tener una "ilusión", por ejemplo al ver películas o leer libros, lo que se lee o ve es también en gran parte "irreal" pero representa un gran disfrute y una sensación de entretenimiento, esparcimiento o incluso de desahogo emocional.

Un tercer gran desafío ético en la interacción humano-robot, es que tan digna es esta relación. ¿Es digno dejar a un adulto mayor acompañado de un robot que le hable o le ayude a limpiarse, en vez de dejarlo al cuidado de otro ser humano? Ante esto, Wachsmuth (2018) también plantea que, en este caso, dependerá de las preferencias de las mismas personas y del adulto mayor en cuestión. Entrevistando a varios adultos mayores, el autor encontró que muchos ancianos preferían a un robot, ya que así no se sentían siendo una "carga" para nadie y además varios señalaron sentirse más cómodos frente a un robot que ante una persona en situaciones más íntimas como cambiarse ropa, bañarse, etcétera.

### **Aprovechando estas potencialidades: Recomendaciones para la política pública**

Para aprovechar los beneficios de la robótica social, al mismo tiempo que minimizar sus riesgos, se sugieren acciones desde dos ejes principales: el desarrollo de la misma tecnología y el empoderamiento y educación de los mismos seres humanos. En el primer eje, se recomienda mayor inversión tanto estatal como privada para que existan más robots sociales con diseños hechos en Chile, por ejemplo mejorar las condiciones asimismo del importe de piezas robóticas para su ensamblaje en Chile o crear más iniciativas de apoyo a soluciones robóticas sociales para su aplicación en el sector público y empresas, como

podrían ser el desarrollo e implementación de robots recepcionistas, del cuidado de la salud o robots educativos en el aula escolar. Cabe destacar que el énfasis en la producción y desarrollo social se debe a que la comunicación e interacción están ampliamente marcadas por aspectos culturales (Parkinson, Fischer & Manstead, 2005), del cual también se desprenden áreas como la comunicación emocional. Por ello, es imprescindible contar con un mayor desarrollo de la "socialidad" de estas máquinas con un punto de vista local.

Asimismo, desde el punto de vista gubernamental, se requiere asegurar una mayor transparencia algorítmica en cuanto al funcionamiento de estos robots, es decir, que exista claridad sobre cómo los robots sociales han sido programados y bajo que parámetros ejercen su agencia o empiezan a implementar decisiones para interactuar con los humanos.

Es importante además, que alguna instancia gubernamental sirva de "contralor" para evaluar la presencia de algún sesgo algorítmico y que exista una entidad que asimismo vele por la ética en la implementación de estas tecnologías a gran escala y donde los ciudadanos pudieran acudir en caso de sentirse desprotegidos. Por último, es necesario como sociedad contar con herramientas de evaluación posterior del uso de robots sociales, no solamente en términos economicistas como podrían ser una mayor persuasión en el servicio al cliente, si no que cómo estos robots impactan a los seres humanos y sociedades en los más variados aspectos, incluido el social y emocional. Por ello, se recomienda incentivar la investigación, tanto privada como pública, respecto al desarrollo, implementación y evaluación posterior del uso de estos robots.

En el segundo eje, el de los seres humanos, se sugiere realizar campañas de educación a la población en cuanto a los beneficios de la IA y en especial de la robótica, como también de sus riesgos, como podrían ser campañas de alfabetización digital ciudadana en distintos medios de comunicación y la inserción temprana de los escolares a interacciones con robots sociales y que aprendan desde temprana edad a programar y a diseñar sus propios robots sociales, al mismo tiempo que se debe potenciar el uso de estos robots en educación como complemento a la labor docente.

Asimismo, el uso de robots sociales de compañía o funcionales en el hogar está aún muy poco desarrollados y serán una tendencia que nos acompañará en el futuro. Es necesario educar a las personas respecto de sus derechos de privacidad y asimismo del potencial de tener varias tecnologías integradas en el hogar. Sería propicio mejorar las condiciones para que más sistemas robotizados puedan estar presentes en el hogar para ayudar con las tareas domésticas, por ejemplo a través de subsidios o facilidades de consumo. Es necesario ampliar y aplicar el aporte de estos robots más allá de poblaciones particulares, como niños y la tercera edad, ampliando su uso a más grupos demográficos, como podrían ser adolescentes y adultos jóvenes. Por último y muy importante, es imprescindible realizar un amplio debate entre los distintos estamentos de la sociedad sobre cuáles robots sociales queremos y cuáles serían sus límites, en otras palabras, establecer una visión y misión conjunta de "robots sociales para qué y por qué".

## Referencias

- Broadbent, E. (2017). Interactions with robots: The truths we reveal about ourselves. *Annual review of psychology*, 68, 627-652. En: <http://bcn.cl/2k25c>
- Carvallo, M. (enero 2018). Detalles de los robots 4x4 que patrullarán las plazas de Vitacura. Recuperado de: <http://bcn.cl/2k25e>
- CNN (17 abril 2020). Sima Robot, el androide que ayuda a los niños a aprender en tele colegio. En: <http://bcn.cl/2k25g>
- European Parliamentary Research Service (april 2020). Ten technologies to fight coronavirus. Recuperado de: <http://bcn.cl/2k25s>
- Gordon, G., Spaulding, S., Westlund, J. K., Lee, J. J., Plummer, L., Martinez, M., ... & Breazeal, C. (2016, March). Affective personalization of a social robot tutor for children's second language skills. In *Thirtieth AAAI Conference on Artificial Intelligence*.
- Guzman, A. L. (Ed.). (2018). *Human-machine communication: Rethinking communication, technology, and ourselves*. Peter Lang Publishing, Incorporated.
- Jung, Y., & Lee, K. M. (2004). Effects of physical embodiment on social presence of social robots. *Proceedings of PRESENCE*, 80-87.
- Núñez-Torrón (23 abril 2020). En este pueblo chileno los drones entregan mascarillas y medicinas a los mayores aislados. Recuperado de: <http://bcn.cl/2k25t>
- Parkinson, B., Fischer, A., & Manstead, A. S. (2005). *Emotion in social relations: Cultural, group, and interpersonal processes*. Psychology Press.
- Rodríguez-Hidalgo, C. (2020). Generating empathic responses from a social robot: An integrative multimodal communication framework using Sima Robot. *Proceedings of the PersonalHRI 2020: Workshop on Behavioral Patterns and Interaction Modelling for Personalized HRI*. Pollmann, K., Ziegler, D. (eds). Cambridge: United Kingdom.
- 24horas (May 18, 2020). Así es el plan piloto para el uso de robot para combate del COVID en hospitales públicos. Recuperado de: <https://youtu.be/q-MGcBnBfZM>
- Wada, K., & Shibata, T. (2009). Social Effects of Robot Therapy in a Care House—Change of Social Network of the Residents for One Year—. *Journal of advanced computational intelligence and intelligent informatics*, 13(4), 386-392. doi: 10.20965/jaciii.2009.p0386.
- Wachsmuth, I. (2018). Robots like me: Challenges and ethical issues in aged care. *Frontiers in psychology*, 9, 432.
- Zhao, S. (2006). Humanoid social robots as a medium of communication. *New Media & Society*, 8(3), 401-419. En: <http://bcn.cl/2k25y>



DESAFÍOS  
LEGISLATIVOS  
EN TORNO A LA  
ROBÓTICA EN  
CONTEXTO DE  
**PANDEMIA Y  
POST PANDEMIA**



Robot Da Vinci-Media Defense U.S.A.

# Bioética, Derecho y Robótica: **Desafíos legislativos evidenciados por la pandemia**

Por **Blanca Bórquez Polloni**<sup>122</sup>

## La pandemia una oportunidad

A pesar del negativo impacto que la pandemia por Covid-19 ha tenido en los más diversos aspectos del quehacer cotidiano, nacional e internacional, si se es capaz de apreciar “el vaso medio lleno” será posible observar que la actual crisis puede y debe transformarse en una oportunidad para instalar en el ámbito legislativo, una enriquecedora discusión acerca de la robótica y los desafíos que ella supone para su exitosa implementación en el país.

La pandemia ha puesto sobre la mesa la importancia que las ciencias, las tecnologías y las innovaciones tienen no sólo para superar este difícil momento y para paliar sus efectos, sino también para promover el desarrollo sostenible de un país. Esto, en el tiempo actual resulta

especialmente evidente, cuando se observa la carrera desencadena para elaborar una vacuna segura que permita prevenir contagios, a la vez que se impulsan múltiples estudios para obtener tratamientos costo-efectivos que permitan atender a la enfermedad desencadenada por el SARS-CoV-2.

En este contexto vuelve a tomar fuerza y sentido la búsqueda de equilibrio entre intereses no siempre fáciles de conciliar: de un lado la libertad científica y el impulso de toda actividad creadora y de otro, el derecho de las personas (de toda persona y la comunidad, en su conjunto) para gozar de los beneficios que se derivan del progreso científico y sus aplicaciones. En definitiva, la pandemia por Covid-19 ha vuelto a poner en evidencia la función social de la ciencia, la tecnología y la innovación.

Pero, ¿qué ha sucedido con la Inteligencia Artificial (IA) y la robótica en estos tiempos de pandemia?, pues bien, que la presente situación ha permitido ampliar su campo de acción,

<sup>122</sup> Abogada. Doctora y Máster en Bioética y Derecho, Universidad de Barcelona. Magíster en Bioética, Universidad de Chile. Investigadora, Departamento de Estudios, Extensión y Publicaciones Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Miembro e investigadora Observatorio de Bioética y Derecho-Cátedra UNESCO de Bioética, Universidad de Barcelona.

al hacer posible que la población tome mayor conciencia acerca de sus potenciales usos y aplicación en áreas diversas. En este sentido, se debe recordar que con anterioridad a la presente crisis, la atención estaba centrada en lo que se ha denominado como la Cuarta Revolución Industrial (Industria 4.0), donde la discusión principal radicaba en los procesos de automatización industrial y en el impacto que ello puede tener en el mercado laboral, ante el eventual reemplazo de mano de obra que supone.

Sin embargo, la Covid-19 ha favorecido la inserción de la IA y la robótica como una posibilidad cierta y atractiva. Siendo así, la pandemia se revela como una real oportunidad para tomar conciencia y atender a los desafíos éticos y jurídicos que su implementación supone en Chile.

## Desafíos éticos y jurídicos

Puestos en situación -y enfrentados a la IA y la robótica como realidades instaladas y en uso en el marco de nuestras fronteras de modo cada vez más creciente- es preciso comenzar a debatir y deliberar sobre dos cuestiones, que desde una perspectiva Bioética no resultan nuevas.

- ¿Todo lo técnicamente posible es éticamente realizable y deseable de realizar?
- ¿Cuál es el papel que habrá de desempeñar el Derecho (en cuanto marco normativo) ante el desarrollo tecno/científico del país?

Sobre esta última pregunta, si entendemos que el Derecho es la base o pilar que permite la convivencia armónica en sociedad, la cual se caracteriza en la actualidad por su amplia

heterogeneidad y por la convivencia de una pluralidad de opciones morales, entonces es claro que el Derecho debe tomar posición frente a la IA/robótica decidiendo si fomentar o no su desarrollo y definiendo una serie de cuestiones, tales como: ¿bajo qué estrategias?, ¿conforme cuáles prioridades?, ¿cómo poner tales avances al servicio de la comunidad?, ¿cuáles avances promover y cuáles prohibir o detener?, ¿cómo proteger a las personas frente a estas invenciones?, etc.

Tales decisiones suponen conciliar las expectativas personales de investigadores y desarrolladores con una visión país, de mediano y largo plazo, en la que se debe rescatar la función social de las ciencias, más aún cuando desde hace un tiempo hasta esta parte se enfrenta un proceso de democratización de las ciencias y sus resultados. Es imperativo desarrollar ciencia para la ciudadanía y con la ciudadanía.

En Chile tales definiciones corresponden fundamentalmente al Poder Ejecutivo, al Congreso Nacional y por supuesto, a la propia ciudadanía. Sin embargo, llevar adelante la tarea no es fácil puesto que tomar posición siempre implica un complejo proceso de armonización de diversos factores económicos, políticos, sociales, culturales, entre otros.

Específicamente en robótica, la preocupación y también la discusión ético-jurídica pasa por atender a los avances experimentados durante el último tiempo y que han supuesto pasar de la producción de robots como mecanismos de automatización de ciertos procesos industriales, a objeto de aumentar la eficiencia y producción, al desarrollo de máquinas con cada vez mayores capacidades de autonomía y autoaprendizaje, que suponen la posibilidad de ir desarrollando mayores habilidades de elección y decisión. Máquinas a las que incluso, en ocasiones, se intenta dar apariencia humanoide.



En estos casos, la atención jurídica se centra en delimitar cómo habrá de ser la relación entre el ser humano y la máquina (aquí tienen incidencia visiones posthumanistas y transhumanistas, e incluso visiones anti humanistas, como la del filósofo francés Éric Sadin). Surgen entonces, diversas preguntas a las que es preciso atender: ¿será posible atribuir responsabilidad a este tipo de máquinas cada vez más autónomas y con capacidad de libre elección?; ¿podrá llegar la máquina a independizarse de su creador?; ¿será posible otorgar a este tipo de robots un estatuto jurídico?; ¿cuál?; ¿uno diferenciado del ser humano pero diverso al otorgado a las cosas u objetos inanimados?; ¿otorgar tal estatuto significará, en algún punto del desarrollo tecnocientífico, llegar a equiparar en algún momento a las máquinas con los seres humanos?; ¿cabe regular normativamente las relaciones profesionales o afectivas que se establezcan entre ser humano y máquina?; el hombre al interactuar permanentemente en un mundo cada vez más tecnologizado, ¿tendrá el derecho a saber de antemano que se está vinculando con una máquina?, etc.

Estas cuestiones, que podrían parecer relatos de ciencia ficción, como se ha adelantado responden a realidades que aparecen cada vez más cercanas y posibles, gracias a la actual pandemia. Tener la capacidad de anticipar la reflexión y deliberación en torno a ellas, previa a su instalación en plenitud en nuestra cotidianidad es el gran desafío que enfrentamos.

En otras regiones del planeta, como sucede por ejemplo con la Unión Europea estas cuestiones llevan algunos años discutiéndose, y producto del debate han surgido instrumentos que intentan dar un marco ético-normativo al desarrollo de la IA y la robótica, los cuales pueden ser una buena base para iniciar la deliberación en nuestro país. Así por ejemplo, el año 2016 se presentó ante el Parlamento Europeo la

European Civil Law Rules in Robotics, la cual fue adoptada en febrero de 2017<sup>123</sup>; por su parte el año 2018 el Grupo Europeo de Ética en Ciencias y Nuevas Tecnologías emitió la Declaración sobre inteligencia artificial, robótica y sistemas autónomos<sup>124</sup>; y más recientemente, en noviembre de 2019, el Comité de Bioética del Consejo de Europa adoptó el Plan de Acción Estratégico sobre Derechos Humanos y Tecnología en Biomedicina (2020-2025), cuyo objeto es abordar cuestiones prioritarias de derechos humanos que se plantean a raíz de desarrollos tecnológicos en el espacio de la biomedicina. Entre estos desarrollos se alude a avances en genética y genómica, tecnologías cerebrales e inteligencia artificial<sup>125</sup>.

### ¿Qué camino seguir? Algunas propuestas de acción

Como en todo, la irrupción de la IA y la robótica enfrenta a dos posiciones extremas, de un lado aquella que confía en la capacidad de la propia ciencia y del mundo científico para autorregularse en sus prácticas, y por tanto, cree innecesaria la acción del Derecho para disponer de lineamientos en este ámbito, y en el otro, aquella que teme a todo nuevo desarrollo científico, presuponiendo que tales prácticas constituyen un riesgo y una amenaza real para la humanidad, por lo que solo cabe prohibirlas.

Sin embargo, planteamientos como los expuestos no pueden ser la única respuesta a cuestiones de tanta importancia. Así desde una perspectiva Bioética, se reconoce la existencia de múltiples alternativas y cursos de acción intermedios que requieren necesariamente de un proceso de reflexión y deliberación adecuado y

<sup>123</sup> Véase: <http://bcn.cl/2k4m9>

<sup>124</sup> En: <http://bcn.cl/2k4mc>

<sup>125</sup> Para mayor información: <http://bcn.cl/2k4mf>

oportuno, tanto antes de la implementación de estas tecnologías, como durante ellas y ex post.

En esta línea, en el marco internacional parece necesario evaluar la pertinencia de formular un instrumento que, a modo de código vinculante, pueda otorgar lineamientos a los distintos Estados en materia de IA y robótica disponiendo qué prácticas caben ser promovidas y/o eventualmente, prohibidas, todo ello bajo una perspectiva de protección de los derechos humanos internacionalmente reconocidos. En esta línea UNESCO ya está trabajando en la elaboración de un instrumento sobre ética de la IA<sup>126</sup>

En el marco nacional, pueden formularse al menos tres propuestas de acción concretas que "aprovechando la oportunidad que brinda la pandemia por Covid-19" parece pertinente comenzar a trabajar:

**1. Definición de una política y estrategia nacional en IA** que incorpore una mención especial a la robótica y a los desafíos éticos y jurídicos que la misma supone para el país. Esta tarea ya ha sido puesta en marcha y se encuentra a cargo del Equipo Futuro del Ministerio de Ciencias, Tecnología, Conocimiento e Innovación, el que se encuentra elaborando de manera participativa la Política Nacional de Inteligencia Artificial, la cual se espera pueda ser lanzada a fines del presente año<sup>127</sup>.

En relación con esta política es imprescindible que la misma considere entre sus principios orientadores lineamientos éticos con perspectiva de derechos humanos y defina, o bien, proyecte cuál es el marco normativo que resulta necesario implementar en el corto y mediano plazo para garantizar el desarrollo sostenible de estas tecnologías.

De otro lado, aun cuando en su proceso de formulación la política pueda integrar mecanismos de participación, lo cierto es que su éxito dependerá en mucho de contar con el necesario respaldo ciudadano y ello exige informar y educar a la población en la materia.

2. Evaluar y re-valorar la puesta en marcha en Chile de una **Comisión Nacional de Bioética**, como órgano autónomo y colegiado, eventualmente con reconocimiento constitucional, concebido, al igual como ocurre en la experiencia extranjera, como una instancia asesora no vinculante de los diversos organismos y poderes del Estado sobre las implicancias éticas, jurídicas y sociales que involucran o pueden involucrar los avances de las ciencias y las tecnologías aplicadas a la vida humana.

La Ley N° 20.120 sobre la investigación científica en el ser humano, su genoma, y prohíbe la clonación humana, del año 2006, dispuso la creación de una instancia como la propuesta a efectos de asesorar "en los asuntos éticos que se presenten como producto de los avances científicos y tecnológicos en biomedicina, así como en las materias relacionadas con la investigación científica biomédica en seres humanos", sin que a la fecha su implementación se haya concretado<sup>128</sup>

Como se ha expuesto, la pandemia ha vuelto a poner en el centro el enorme valor que la promoción de las ciencias, las tecnologías y la innovación tienen para el desarrollo sostenible del país. Ello exige avanzar en la discusión y deliberación ética y jurídica que

---

<sup>126</sup> Para mayor información: <http://bcn.cl/2liol>

<sup>127</sup> Para mayor información puede visitarse: <http://bcn.cl/2k4mh>

<sup>128</sup> En: <http://bcn.cl/2fe0y>

su implementación puede tener, atendiendo al proyecto nación que se pretenda instalar en el mediano y largo plazo, para lo cual contar con instancias que de manera transparente puedan orientar el debate informado y oportuno, es imprescindible.

3. Las ciencias, las tecnologías e innovaciones requieren, antes de su puesta en marcha como productos finales, de un largo proceso de diseño, prueba y evaluación, que en muchas ocasiones implica testear e investigar prototipos con seres humanos. Pues bien, parece necesario aprovechar los recursos instalados y el camino recorrido en el país en investigación científica biomédica en seres humanos, sus lineamientos éticos y marco jurídico, para comenzar a formular un gran cuerpo normativo que, debidamente actualizado, integre todo lo relativo a investigación en o con seres humanos en que se incluya también la IA y la robótica.

“—Ahora, escucha, vamos a empezar con las **tres Reglas fundamentales de la Robótica**; las tres reglas más profundamente introducidas en el cerebro positrónico de los robots [...]

Una, **un robot no puede hacer daño a un ser humano, o, por medio de la inacción, permitir que un ser humano sea lesionado** [...]

Dos [...] **un robot debe obedecer las órdenes recibidas por los seres humanos excepto si éstas órdenes entrasen en conflicto con la Primera Ley** [...]

Y tres, **un robot debe proteger su propia existencia en la medida en que esta protección no sea incompatible con la Primer o la Segunda Ley.** “

Isaac Asimov, El círculo vicioso (Runaround), 1942.

**UOH**  
Universidad  
de O'Higgins



Biblioteca del Congreso  
Nacional de Chile / BCN | Asia Pacífico