

Interpretación Convencionalista del Experimento de Oersted

*Celso Vargas Elizondo

1. El convencionalismo

El convencionalismo fue un movimiento filosófico muy importante durante las primera siete décadas del siglo XX en la comprensión de la tarea científica. Reconocemos dos momentos en el desarrollo de esta perspectiva: las primeras décadas del siglo XX con Poincaré, Duhem y Reichenbach; y una segunda etapa bajo la tesis de la “subdeterminación” de las teorías científicas, tesis conocida como Duhem-Quine. Se puede consultar con mucho provecho a Torsten Wilholt (2012) *Conventionalism: Poincaré, Duhem, Reichenbach*, disponible en la web.

La característica principal del convencionalismo es que no considera un sistema científico como verdadero, sino “verdadero por convención” (Lakatos, 1970, *History of Science and Its Rational Reconstructions*). No significa esto que un sistema científico sea arbitrario, pues la selección de la convención responde a criterios, entre otros, la simplicidad. En el capítulo de Popper sobre “simplicidad” (1958 *Logic of Scientific Discovery*), muestra que la adopción de la geometría euclidiana, sobre otras de más dimensiones, responde el hecho de que es más fácil modelar fenómenos físicos en términos de esta geometría. En este sentido, los científicos y también matemáticos, buscan estrategias para reducir un problema de múltiples dimensiones a uno de menores dimensiones siempre y cuando sea representativo del problema a resolver. Pero en un sentido mucho más profundo, la segunda tesis es que las teorías científicas “dicen más” sobre la

realidad que el mundo mismo, por ejemplo, el espectro de las ondas Hertz, es mucho más amplio que el tipo de ondas que encontramos en la realidad, incluyendo las artificiales. Dado este hecho, varias posibles teorías serían compatibles con los datos. Por convención se adopta aquella que sea más simple.

Como toda convención requiere el consenso de la comunidad científica para adoptar una determinada teoría. El proceso del desarrollo de la ciencia está profundamente marcado por este esfuerzo de los representantes de las teorías por imponer su teoría a la comunidad científica, en dos sentidos, lograr nuevos adeptos, y mostrar que su teoría es más simple que las rivales. Sin embargo, debemos señalar que es muy difícil proponer criterios de simplicidad de manera general. Y este es uno de los principales problemas del convencionalismo.

2. Análisis del experimento de Oersted

El experimento de Oersted se encuentra el inicio del rápido desarrollo, tanto teórico como experimental, en el campo del electromagnetismo. Progresos que se alcanzan gracias a destacadas figuras científicas como Faraday, Helmholtz, Maxwell y Hertz, entre otros. De 1820 a 1890 veremos desarrollarse y florecer este importante campo de la investigación científica. Así pues, en 1820 todavía no contamos con una teoría, entendida, como dice Duhem, como “un sistema matemático de proposiciones, deducido de un pequeño número de principios, cuyo objetivo es representar lo más simple, completo y exacto como sea posible un conjunto de leyes experimentales”, en términos del cual poder aplicar los criterios convencionalistas.

Sin embargo, encontramos en el experimento de Oersted algunos elementos que concuerdan con los criterios convencionalistas, por ejemplo, la formación de una red conceptual que permita darle sentido a los hallazgos en este nuevo campo de la investigación científica. Quiero centrarme en dos estos elementos de la red conceptual.

Se desprende de lo dicho anteriormente, que para el convencionalista la aceptación de los resultados científicos dependen del consenso de la comunidad científica. En este sentido, Oersted hace un importante esfuerzo por buscar testigos y formas de validación de sus resultados, incluyendo desde luego, una legitimación del vocabulario o terminología correspondiente. Invita Oersted a distinguidos testigos y describe su serie de experimentos con el fin que sean repetidos y aceptados por otros investigadores. Y su trabajo será pronto reconocido y premiado, es decir, alcanza el consenso, condición importante para el convencionalista.

Distinguimos en Oersted tres tipos de vocabulario en la presentación de sus experimentos: a) vocabulario que describe conceptos obtenidos con antelación, como gálvano, aguja magnética, circuito galvánico, receptáculos de cobre, polo opuesto, ácido sulfúrico y ácido nítrico, entre otros. b) vocabulario no técnico tomado del uso ordinario como Este, Oeste, magnitud, goma (gum-lac), giros, entre otros. c) términos técnicos introducidos por el mismo Oersted: conflicto eléctrico (actualmente, campo magnético), electricidad negativa (actualmente, flujo de electrones), inclinación de la aguja (desplazamiento de la dirección de la aguja), unión conductora (joining conductor) y fuerza eléctrica, entre los más importantes. Sin embargo, lo que hemos indicado en este párrafo constituye un elemento superficial del convencionalismo, por las limitaciones anteriormente indicadas.

3. Problemas relacionados con convencionalismo

Quisiera referirme brevemente a dos tesis que considero problemáticas del convencionalismo. La primera es que la tarea de la comunidad científica es arribar a un sistema científico por convención, es decir, aceptarlo verdadero por convención. La segunda es la consideración de un sistema científico como “un sistema matemático de proposiciones, deducido de un pequeño número de principios, cuyo objetivo es

representar lo más simple, completo y exacto como sea posible un conjunto de leyes experimentales". En ambas tesis, el compromiso de la investigación científica por la búsqueda de la verdad es dejada de lado. Somos conscientes, desde luego, de las dificultades de proporcionar una definición general adecuada de verdad, cosa que intentaremos en las dos perspectivas siguientes sobre este tema. El énfasis en el carácter deductivo de la ciencia, refleja un aspecto muy importancia de la ciencia; el segundo es la "interrogación" a la naturaleza, en el caso específico de las ciencias naturales.

Implicaciones epistemológicas del cumplimiento de vivir de manera indefinida*

*Celso Vargas Elizondo. Instituto Tecnológico de Costa Rica

En la perspectiva anterior planteamos cuatro alternativas mediante las cuales se puede alcanzar esta aspiración humana de vivir indefinidamente, pero en nuestro mundo. Dos de los ingredientes fundamentales de esta expectativa lo constituyen la ingeniería genética y los desarrollos en inteligencia artificial. Sobre este último, los recientes logros en televisores inteligentes y móviles inteligentes, para mencionar solo un par de ejemplos, constituyen avances relevantes para lograr modelar computacionalmente la inteligencia humana y de otros organismos vivos. Lo que es interesante para nuestro propósito, es que ambas disciplinas tienen su fundamento en los desarrollos matemáticos de la teoría de la información propuesta por Shannon y Weaver en la

década de los 40 del siglo anterior. En el caso de la computación la transmisión de información se da por medio de impulsos eléctricos, mientras que la transmisión de información a nivel de ADN y proteínas es por medios fundamentalmente químicos (procesos de transcripción). Claramente, la culminación exitosa de la expectativa de vivir de manera indefinida representará un triunfo del paradigma información respecto de la visión filosófica más tradicional centrada en el concepto de conocimiento, y los modelos correspondientes de sociedad de la información y sociedad del conocimiento.

A pesar de la dificultad actual de establecer un conjunto de condiciones necesarias y suficientes para definir lo que es conocimiento (véase "[The Analysis of Knowledge](#)" de Ichikawa, Jonathan Jenkins and Steup, Matthias (2017)), hay tres condiciones que se consideran parte importante para decir que "la persona X conoce p", donde p es una proposición, es decir, es un enunciado que eventualmente puede probarse verdadero o falso o determinar su grado de verdad. Estas tres condiciones son las siguientes: a) X cree p, b) p es verdadera y c) X tiene buenas razones para creer p. La puesta en operación de estas condiciones resulta muy compleja y no excluye casos en los que se cumplen estas condiciones, pero no podemos atribuir que X conoce p. De igual manera, hay casos en los que podemos atribuir que X conoce p, sin que se cumplan todas estas condiciones. En la referencia citada se pueden encontrar ilustraciones de la complejidad del análisis del conocimiento.

Sin embargo, independientemente de que sea posible alcanzar una definición satisfactoria del conocimiento mediante condiciones, hay consenso de que el conocimiento requiere un papel activo del sujeto, tanto en el ámbito de la creencias como de la justificación. El conocimiento es una construcción del sujeto, al menos en parte. Esta función agentiva ha sido

fundamental para atribuir a una persona u organismo vivo conocimiento. Quizá podamos apreciar mejor esta función agentiva, si introducimos el concepto de información.

Información y comunicación están directamente relacionados. “información”, darle forma a algo o formar algo a partir de elementos más básicos, puede rastrearse sus orígenes en la filosofía de Platón y su concepto de “eidos” (formas). Las formas que nos interesan son aquellas geométricas (tridimensionales) que Platón consideró como básicas y a partir de las cuales otras formas más complejas son formadas. Nos referimos a los poliedros naturales (también conocidos como cinco sólidos): Tetraedro, Octaedro, Icosaedro, Cubo y Dodecaedro. De acuerdo con Platón fueron estos sólidos los que el demiurgo utilizó para construir el mundo físico que observamos. Nuestro mundo fue creado según modelo geométrico. Y es que estos poliedros pueden ser combinados (informados) para formar formas más complejas; lo mismo que ocurre con las secuencias de ADN que se obtienen a partir de cuatro bases: A,T,G,C. En términos de la teoría actual de la información, las combinaciones permitidas de estos elementos más básicos, constituyen el lenguaje (código) que es utilizado para transmitir un mensaje. Se denomina “codificación” al proceso de formación de secuencias complejas a partir de elementos o secuencias más simples. El lenguaje y el mensaje constituyen dos elementos fundamentales de la comunicación de la información. El proceso de comunicación inicia con un emisor que es el que utiliza un código, establece el mensaje y el medio que utilizará para la transmisión de la información. La comunicación es completa cuando el receptor, al otro lado del proceso de comunicación, descodifica el mensaje y lo transmite. Los roles de emisor y receptor son intercambiables en el proceso de comunicación. El código, el mensaje y el medio pueden ser muy diversos, como claramente se puede concluir de lo dicho. Por ejemplo, señales de humo (lenguaje), determinado número de señales con diferentes frecuencias y magnitudes (mensaje) y transmitidas por el aire

(medio).

Visto desde el punto de vista del conocimiento, para que la función agentiva de la que hablamos anteriormente se satisfaga, hay dos condiciones importantes, al menos, que requieren ser mencionadas: la formación y la disponibilidad de información. Por formación, entendemos, la generación de las capacidades necesarias para poder comprender los distintos códigos frecuentemente utilizados, poder descodificar los mensajes y apropiarse de ellos (incorporarlos a su estructura cognitiva). Esto es lo que nos hemos dado cuenta: no es suficiente con la información, sino que el sujeto debe tener la formación necesaria para poder descifrarla, interpretarla, apropiarla y actuar de manera correspondiente. Uno de las formas por excelencia mediante la cual se manifiesta esta función agentiva es la capacidad de comportarse de manera que podamos inferir una intencionalidad en el sujeto que realiza la conducta.

Durante los años 80 e inicios de los 90 del siglo XX, se puso de moda la llamada "sociedad de la información" que ponía un particular énfasis en la importancia social de la información. Ésta es sujeto de protección bajo propiedad intelectual o puesta a disposición de las personas. Sin embargo, también finalizando los años 90, la UNESCO, otras organizaciones e intelectuales comenzaron a poner el énfasis en la importancia del conocimiento y en las capacidades humanas necesarias para que las personas puedan realizarse dentro de la sociedad. Con esto se da paso a la llamada "sociedad del conocimiento" que requiere entre otras cosas, que la mayor cantidad de información esté disponible para que estos agentes sociales puedan expresar mejor sus capacidades. Pero como dijimos, en el marco de los compromisos con una adecuada formación.

Pero qué pasaría si los desarrollos en inteligencia artificial y los de la manipulación de la información genética avanzan a tal nivel que se puedan construir modelos artificiales que sean isomórficos con la forma de conocer, de aprender y de

adaptarse que mostramos los seres humanos. De hecho este es el objetivo del proyecto singularidad tecnológica que pretende mostrar que no existirán diferencias entre un ser humano (u otro organismo vivo) y un robot creado con inteligencia artificial o con genética artificial, de manera que sean estos serán capaces de “automejorarse recursivamente”. Llegados a un punto como éste, la diferencia entre conocimiento e información desaparecería. Tanto el emisor como el receptor pueden automejorarse de manera permanente y posiblemente con mucho más eficiencia que nosotros. Ciertas manifestaciones de este poder ya existe, como hemos indicado anteriormente, pero es también uno de los aspectos fundamentales del llamado “internet de las cosas”, es decir, esta capacidad del programa de sensor el entorno, recopilar información, procesarla y convertirla en toma de decisiones.

Filósofos como Searle y Dreyfus han señalado que hay elementos irreducibles en los seres con conciencia de manera que no es posible adecuadamente captarlos mediante programas computacionales no importa su complejidad o innovación. La diferencia epistemológica entre artefactos y seres vivos persistirá, según estas posiciones. Pues bien, todo parece indicar que esta diferencia epistemológica que podríamos afirmar se mantiene actualmente, será decidida empíricamente en el futuro: será un asunto de hechos.

Implicaciones culturales de la Revolución biológica en

proceso*

*Celso Vargas Elizondo. Instituto Tecnológico de Costa Rica

Algunos de los cambios esperados asociados con la puesta en ejecución de la llamada Cuarta Revolución Industrial son de una naturaleza tan radical y profunda que resulta difícil lograr una representación clara de su impacto; otros cambios son claramente predecibles. Abordaremos en esta perspectiva uno de estos cambios que será realmente radical: **La posibilidad de vivir eternamente.**

El deseo de vivir indefinidamente constituye una de las aspiraciones más básicas del ser humano, es decir, no solo de las generaciones actuales sino también de las generaciones que nos han precedido. Esta aspiración contiene al menos dos solicitudes importantes: una vida eternamente rejuvenecida y con una buena calidad de vida. Y cuando hablamos de calidad de vida tenemos presente, al menos, dos grandes temas que deberían ser satisfechos (bajo ciertos parámetros desde luego): gozar de buena salud y no tener necesidad. Esta aspiración es tan fuerte en la vida del ser humano que se ha plasmado de diferentes formas en un buen número de religiones, no solamente las religiones del pasado sino que, con bastante fuerza también, en muchas de las religiones actuales. Una de las cuatro preguntas fundamentales enlistadas por Kant, ¿Qué me cabe esperar?, está directamente relacionada con esta aspiración y con su expresión más frecuente en su forma religiosa. Pero la manera en la que la ciencia y tecnología están abordando esta posibilidad, sin ninguna duda transformará radicalmente la forma tradicional como se ha expresado esta aspiración en muchas culturas y religiones. Y es que la vida eterna está fuertemente relacionada con la recompensa y el castigo, usualmente, más allá de la

muerte. En un buen número de religiones después de esta vida terrenal se recibe recompensa o castigo según las actuaciones del individuo en esta vida, y esto lo marca por toda la eternidad. En algunas religiones de la India, al igual que en la Divina Comedia de Dante, hay diferentes tipos de “infierno” según la naturaleza del pecador, pero también distintos tipos de recompensas según la calidad de la buena actuación. ¿Pero si no hay muerte?

Ya desde el siglo XX comenzamos a asistir a una serie de desarrollos científicos y tecnológicos que han tenido un impacto realmente significativo en nuestra vida. El mejoramiento de la salud pública o en general el acceso a la salud, a los cuadros de vacunación y un incremento en la producción de alimentos y la capacidad de adquirirlos han mejorado la calidad de vida de muchas personas en este planeta. Aunque claramente este acceso no ha sido igual para todos y todas a nivel global, el progreso es innegable. Es también una aspiración que todas las personas que habitamos este planeta satisfacemos estas necesidades. Sin embargo, lo que estaremos viendo en los años venideros constituirá una transformación muy radical de lo que hemos tenido hasta el momento en estos temas. Los gurús del campo de la ingeniería genética, la robótica y la inteligencia artificial, entre otros, nos hablan de que podemos vivir indefinidamente a partir del 2050. Esta es la fecha en la que se puede afirmar que la ciencia y la tecnología habrán vencido la muerte. Solo tenemos que esmerarnos por llegar a ese año. Hay varias formas mediante las cuales esto será posible.

Primero, los científicos, ingenieros genéticos y científicos computacionales han logrado comprender y modificar los mecanismos moleculares asociados con el envejecimiento. No se ha hecho en humanos todavía, pero experimentos en laboratorio han mostrado que modificaciones de estos mecanismos en ratones y otros organismos han tenido un éxito extraordinario. En algunos casos se ha logrado triplicar la vida de estos

organismos, los cual traducido en años humanos, equivale a vivir entre 200 y 300 años, si no más. En los años venideros el dominio de estos mecanismos y también su aplicación segura, permitirá que puedan ser utilizadas por el ser humano. A pesar de gran complejidad de estos mecanismos, poco a poco se avanza en su comprensión. El papel de los modelos computacionales ha sido muy importante para avanzar en el desciframiento de estos. Por ejemplo, Auley y otros (2017) "Modelling the molecular mechanisms of aging", nos muestran lo promisorio de este enfoque. Pero el segundo hecho importante es que no solamente será posible el control de estos mecanismos para seguir viviendo, sino que permitirá la regeneración o rejuvenecimiento celular permitiendo que los seres humanos puedan tener una vida muy prolongada y saludable. Esta prolongación de la vida puede ser indefinida.

Pero una segunda forma de avanzar en el logro del objetivo de vivir eternamente es el desarrollo de nuevos injertos de piel y prótesis desarrollados utilizando nuevos materiales (biomateriales) que presenten una gran similitud con nuestra piel y órganos y reduzcan la reacción inmunológica del organismo. En principio no hay límites en la cantidad de prótesis que podríamos tener, y con una ventaja adicional: no envejecen y pueden mejorar la movilidad y resistencia de las personas que los poseen. ¿Será en un futuro próximo posible que todo nuestro organismo sea reemplazado por un cuerpo funcional obtenido de manera artificial? Claramente sí. Los increíbles avances en robots de compañía, con apariencia y piel similar a la humana, abren esta posibilidad. De esta manera sí poseo un cerebro funcional y en "buena condición", pero un cuerpo con problemas serios, podría utilizar como soporte un cuerpo artificial que me permita extender mi vida durante mucho tiempo, quizá indefinidamente, y con buena calidad de vida. Los ciber-humanos ya están entre nosotros, como se ha popularizado desde el 2015.

Una tercera forma de vivir de manera indefinida es

precisamente la creación de cerebros artificiales a los que se pueda transferir mi “contenido neuronal”, es decir, que pueda replicar el funcionamiento de mi cerebro de manera que pueda reconocer fácilmente distintos tipos de patrones. Ya están disponibles el reconocimiento de patrones en formas extraordinarias, como imágenes, voz, estrategias de búsqueda, los cuales representan un gran progreso en esta meta de alcanzar la simulación de nuestro cerebro y su replicación artificial. Pero también en la comprensión de los gustos y sensaciones placenteras. Esta tercera vía abre la posibilidad, muy especulativa actualmente, de un reemplazo total del cuerpo y el cerebro humanos mediante réplicas artificiales. Podríamos, entonces, vivir de manera indefinida bajo esta nueva forma.

Dr Ian Pearson, uno de estos futuristas, habla de una cuarta forma en la que podemos extender de manera significativamente nuestra vida y consiste en “vivir en un mundo virtual”. Podríamos estar conectados de manera permanente a un computador que simularía el mundo real, mediante realidad virtual y aumentada, que nos proporcionaría experiencias de un mundo construido computacionalmente, pero que experimentamos como real. Esta cuarta forma no es incompatible con las anteriores y propiciaría no solo el aprendizaje, la evocación y realización de experiencias placenteras nuevas. Pero es muy adecuada para la segunda forma de vivir indefinidamente que presentamos anteriormente.

¿Cómo cambiaría a la experiencia religiosa estos desarrollos tan probables? Quizá no sería necesario pensar en un más allá, pues tendríamos un espacio ilimitado de vida en este planeta (si no fuera aniquilado por guerras y por otras acciones humanas). Quizá no serían necesarias las recompensas y castigos que han establecido las religiones en el más allá, pues éstas serían realizables en nuestro mundo actual. Quizá, finalmente, el tipo de religión que se requeriría para acompañar a personas que vivan de manera indefinida, esté

centrada en otros valores más humanos, o que sea subsumida bajo una ética pública y privada muy inmanente. De todas maneras, habrá cambios fundamentales en nuestra forma de comprendernos a nosotros mismos y a nuestro entorno, y desde luego, elementos fundamentales de la epistemología tendrían que ser reformulados, como los referentes a la diferencia entre conocimiento e información, así como el papel que le hemos asignados al soporte empírico, el cual ha sido básico para diferenciar entre un “discurso verdadero” y una pieza literaria. En la próxima perspectiva exploraremos algunas de las consecuencias epistemológicas de alcanzarse estos niveles de desarrollo.

La tecnología como sistema (VI)

La aplicación del marco general de la ética como articulador de la tecnología en la Cuarta Revolución Industrial

*Celso Vargas Elizondo

Tal y como hemos indicado en las perspectivas anteriores, el desarrollo humano sostenible se adopta como marco ético general. Esta adopción está a la base de los acuerdos de organizaciones internacionales, estados, organizaciones sociales y ciudadanos. Este marco ético se divide en dos grandes áreas: el desarrollo de capacidades humanas y la seguridad humana. Como indicamos en la perspectiva anterior, la seguridad humana está conformada por siete dimensiones: Seguridad económica, seguridad alimentaria, seguridad sanitaria, seguridad ambiental, seguridad personal, seguridad comunitaria y seguridad política. Ambos lados del desarrollo

humano sostenible son relevantes en el desarrollo tecnológico. Pero nuestro énfasis ha estado en el tema de la seguridad humana. Este enfoque ético de la seguridad se convierte en transversal en todos los incontables desarrollos tecnológicos relacionados, en este caso, con la cuarta revolución industrial. Por ello lo más apropiado sea considerar ejemplos específicos de clases de tecnología. Nos limitaremos, por razones de espacio, en dos de estas aplicaciones, esperando que ilustren la forma en la que se puede utilizar el marco ético general establecido en la perspectiva anterior.

Comencemos por uno de esos casos concretos: la tecnología de drones para usos civiles. En este momento y en el futuro muy cercano hay y habrá un importante número de aplicaciones de esta tecnología, incluyendo las siguientes: distintos usos para personas aficionadas a los drones, fotografía aérea, búsqueda y rescate, agricultura de precisión, la investigación con propósitos judiciales y policiales, envíos a domicilio y a otros destinos, monitoreo de zonas de interés comercial como las tuberías que conducen el combustible, mapeo en tres dimensiones, vigilancia, como medio de acceso a internet inalámbrico, y para investigación científicas en áreas como el clima, incluyendo la investigación de huracanes, tornados, sequías y otros fenómenos de interés científico y ambiental. Su uso en el futuro cercano se verá fuertemente incrementado.

En este caso, hay una serie de riesgos asociados con el uso de los drones. Entre ellos, información obtenida sin el consentimiento de las personas, la afectación a la propiedad de terceros, accidentes asociados con drones que pueden afectar a personas y animales; esto último debido principalmente a errores en la manipulación de estos. Bandas y delincuentes pueden utilizarlos para hacer más selectiva y efectiva la actividad delictiva, pero también pueden ser

utilizados por otros individuos para la obtención de secretos industriales, para el espionaje y para obtener otros tipos de información valiosa de las personas. Finalmente, el uso intensivo de estos dispositivos puede afectar aeronaves que vuelan a poca altura o pueden interferir en el aterrizaje de aeronaves en los aeropuertos.

Cuando analizamos este tema desde el punto de vista de la seguridad humana, observamos que varias dimensiones de la seguridad están involucradas. La seguridad personal es la más importante e incluye los siguientes “factores de seguridad”: invasión a la privacidad, abuso de poder sobre las personas, extorsiones, afectación a bienes personales y daños físicos a las personas. Pero también está relacionada con la seguridad comunitaria en aspectos como discriminación por preferencias o consideraciones étnicas y culturales, así como otras formas de inequidad. Finalmente, involucra también la seguridad política en el tanto el uso inadecuado de los drones cerca de aeropuertos e instituciones públicas puede comprometer la seguridad aeroportuaria y de las instituciones. Es interesante observar que muchos de los riesgos de seguridad indicados pueden ser reducidos de manera importante mediante normativa legal apropiada. Los países han estado avanzando en este tipo de regulación por distintos medios como los reglamentos o leyes.

El segundo caso es mucho más general y se relaciona con el uso de inteligencia artificial (IA) en el contexto de la cuarta revolución industrial. IA es un elemento transversal de las nuevas tecnologías y de su carácter disruptivo. Está a la base de Internet de las Cosas, de la conducción autónoma, de los desarrollos en robótica, del nuevo paradigma en medicina y en los nuevos modelos de inteligencia de mercados, especialmente en las nuevas formas de hacer comercio electrónico, solo para mencionar algunas de sus aplicaciones. Desde luego las aplicaciones militares están a la orden del día, sin embargo, nuestro énfasis es en los usos civiles de estos

desarrollos. La tecnología basada en IA tiene un gran beneficio potencial, por ejemplo, para hacer más precisa la cirugía mediante una mejor visualización de los órganos y tejidos (mediante realidad aumentada), así como la utilización de robots en distintos momentos del proceso quirúrgico. Pero también puede ser utilizada para producir daño, no solo en la medicina sino también en todas sus aplicaciones.

Tal y como indica la Unión Europea (ETHICS GUIDELINES FOR TRUSTWORTHY AI, 2019), se debe “poner especial atención a las situaciones que involucran a grupos vulnerables tales como niños, personas con discapacidad y otros que históricamente han estado en desventaja o que están en riesgo de exclusión, y a las situaciones caracterizadas por la asimetría de poder o de información, tales como la que se da entre empleadores y trabajadores o entre empresarios y consumidores”. Aun cuando no resulta fácil anticipar los posibles riesgos, es importante que se esté atento y evaluando de tiempo en tiempo los avances a fin de tomar las medidas que sean más adecuadas para evitar estos daños posibles. La forma de abordaje de esta propuesta de la Unión Europea es términos de principios u orientaciones generales. Considera no solo los riesgos, sino también aquellos aspectos que son potenciadores de las capacidades humanas. De acuerdo con este documento, “el desarrollo, implantación y uso de los sistemas de IA (debe hacerse) de manera tal que adhiera los principios éticos de: respeto por autonomía humana, la prevención del daño, la imparcialidad y comprensibilidad (“explicability”). (Debe) reconocer y abordar las tensiones potenciales entre estos principios”.

Como se puede concluir de lo dicho hasta el momento, la aplicación de la IA a diferentes tecnologías en los ámbitos de los usos civiles, hay una serie de riesgos asociados con ellos y que vistos desde la seguridad humana, se concentran en las siguientes dimensiones: seguridad económica en el tanto que su utilización en la robótica industrial, en el campo financiero y comercial puede producir desempleo y bajas remuneraciones de

manera alarmante a nivel global. Pero también en el ámbito de la seguridad personal. Tal es el caso de los robots de compañía que pueden ser utilizados para extorsionar y robar a personas adultas mayores y a personas con otro tipo de limitaciones por parte de parientes y otras personas cercanas. Será un riesgos el posible acceso a cuentas bancarias o las cuentas bancarias digitales o al uso de tarjetas de créditos de estas personas con el fin de robarles. Pero también, la aplicación de la IA en internet de las cosas puede producir una clara invasión a la privacidad, pues se estaría en capacidad de identificar mejor las preferencias individuales, incluyendo las políticas y religiosas con lo cual se podría atender contra el derecho humano a la intimidad. No solo esto, sino que puede ser utilizado para direccionar actividades comerciales con una mayor especificidad, y creando una potente herramienta para posibilitar el uso de poder contra las personas. También uno de los factores de riesgo muy relevante, indicado anteriormente, es el posible incremento de inequidad y limitación en el acceso a los beneficios derivados del desarrollo social y de estas tecnologías. En el ámbito de la seguridad comunitaria y política, los llamados sectores socialmente vulnerables (niños(as), mujeres, personas adultas mayores, migrantes, personas aborígenes, personas con discapacidad, diversidad sexual, personas con VIH/SIDA y personas adolescentes, para mencionar los principales) son los grupos que podrían ser blancos de actividades delictivas y de distintas y nuevas formas de discriminación.

El enfoque de la seguridad humana, y su naturaleza multidimensional, es un buen instrumento ético que se puede utilizar con mucho éxito para anticipar y prevenir los posibles riesgos asociados con la cuarta revolución industrial. La ética, introducida a nivel de diseño, constituye una valiosa herramienta para articular de manera sistémica esta nueva demanda del desarrollo tecnológico. Debe ser utilizado en el mismo nivel y con el mismo rigor que los estándares y otros procedimientos que se están desarrollando

para darle consistencia e integración a los muy distintos y casi ilimitados campos de la innovación tecnológica de esta revolución que están viviendo.

La tecnología como sistema (V)

Marco general de la ética como articulador de la tecnología en la *Cuarta Revolución Industrial*

*Celso Vargas Elizondo

Señalamos en la perspectiva anterior la adaptación por parte de las principales organizaciones internacionales y los estados de los objetivos del desarrollo sostenible con horizonte 2030. Debemos recordar que los cinco elementos articuladores de estos objetivos son: las personas, el planeta, la prosperidad, la paz y las alianzas. Esbozamos en esta perspectiva una forma de relacionar estos objetivos con el proceso de desarrollo de tecnologías. Hay consenso de que en el desarrollo de tecnología debe considerar, con igual relevancia, la seguridad, la salud y el ambiente. Es decir, que dicho desarrollo tome en consideración las distintas aplicaciones ingenieriles y tecnológicas las posibles consecuencias que éstas pueden tener en los tres ámbitos mencionados.

Se trata entonces de adoptar lo que algunos autores, como Roy Ramírez, denominan la responsabilidad prospectiva. Es decir, desarrollar en la ingeniera y en el tecnólogo esta especial

capacidad de estar atenta a las posibles consecuencias de su acción y tomar las medidas que son necesarias para minimizarlas o eliminarlas. La responsabilidad prospectiva es fundamental en el presente contexto. Se trata entonces de determinar y valorar estas posibles consecuencias. El modelo por excelencia para hacerlo es el probabilístico. Interesa la determinación de los posibles eventos, su frecuencia y, lo que es más importante, su impacto probable. Así pues, expresamos estas posibles consecuencias en términos de la probabilidad de su ocurrencia y del impacto que tendría el que ocurra. Para realizar el análisis se tiene a disposición una serie de recursos importantes: situaciones similares que ocurrieron en el pasado, derivaciones teóricas relevantes, propuestas normativas y el análisis de las formas de inserción de la tecnología en el ámbito para el que fue construido, y en nuestro nuevo contexto, la consistencia con otros desarrollos tecnológicos. Este análisis se hace determinando lo que es relevante para la salud, la seguridad y el ambiente. Pero debe tenerse siempre presente la seguridad, tal y como la analizaremos más adelante es uno de los aspectos fundamentales del desarrollo humano. El potenciamiento de las capacidades humanas y las condiciones para el bienestar de las personas, constituye el otro elemento clave del desarrollo. Seguridad y desarrollo están fuertemente relacionados. Pero dediquémonos al tema de la seguridad.

Supongamos que se ha realizado este análisis prospectivo y se han determinado las posibles consecuencias negativas y procedemos a abordarlas desde el punto de vista tecnológico. Podemos ilustrar el tipo de consideraciones éticas relevantes en lo referente a la seguridad. Tal y como señala Hansson (2018) (*Risk*, Stanford Encyclopedia of Philosophy) en una primera aproximación podemos segregar el concepto de *seguridad* en tres tipos diferentes de aproximación: seguridad inherente, barreras múltiples y factores de seguridad. La seguridad inherente se da en aquellos casos en los que podemos concluir que una determinada tecnología no

tendrá impactos previsibles en determinados ámbitos. Por ejemplo, los vehículos eléctricos son inherentemente seguros en relación con las emisiones de CO₂, ya que este tipo de vehículos no produce ese tipo de emisiones. Desde luego que puede no ser inherentemente seguro, bajo este ámbito, si los sistemas energéticos utilizados por producir electricidad son emisores de CO₂. Pero esto no depende del vehículo en sí mismo. Pero también la seguridad inherente está presente en las aspiraciones actuales, tanto nacionales como internacionales de lograr un mundo libre de armas nucleares, así como de otras armas de destrucción masiva. Así pues, la seguridad inherente tiene un amplio rango de aplicaciones, tanto tecnológicas como aquellas relativas a la existencia misma del ser humano en el planeta, pero relacionadas con el desarrollo tecnológico.

Las barreras múltiples constituyen otra importante medida de seguridad. Para evitar un daño se puede confinar una determinada tecnología, imponiendo barreras de seguridad de manera que se eviten los eventos que pueden producir este daño. Por ejemplo, en las sub-estaciones de transformación eléctrica se establecen vallas de determinada altura para evitar que personas y otros animales puedan ingresar de manera libre. Dentro de las sub-estaciones también podrían establecerse otras barreras si hubiera riesgos asociados. El uso de barreras múltiples es ampliamente utilizado en laboratorios, en invernaderos, en plantas nucleares y en muchas instalaciones más. Pero se utilizan en los hogares para impedir que niños(as) pequeños(as) puedan ingresar a lugares en los que podrían exponerse a algún tipo de daños o los lugares donde colocar, fuera del alcance de los y las niñas, medicamentos y otros productos que pueden causar daño.

Los factores de seguridad constituyen aquellas medidas (en la mayoría de los casos expresadas de forma cuantitativa e introducidas a nivel de diseño) que permiten asegurar que una determinada tecnología o sistema tecnológico evite los riesgos e impactos identificados en el análisis de riesgos. Por

ejemplo, en construcción el número de columnas, vigas, relación cemento-agregados y cantidad de varillas, son algunos de los factores de seguridad que permiten asegurar que en zonas de alta sismicidad; las construcciones soportarán movimientos sísmicos de determinada magnitud. Es decir, los factores de seguridad dan respuesta a la probabilidad de ocurrencia de los diversos tipos de eventos y el daño que pudieran producir. Desde el punto de vista de la *normalización* en teoría de la probabilidad, este tipo de eventos forma un conjunto cerrado, es decir, la suma de la probabilidad de ocurrencia de estos eventos es igual a 1. Como dijimos, los factores de seguridad son la respuesta a los riesgos y daños identificados, por ello, también los factores de seguridad están acotados por estos riesgos y daños.

Pero, ¿en qué sentido la seguridad puede ser considerada como un elemento de la tecnología como sistema? Es decir, como un criterio general que debe aplicarse al desarrollo de los distintos tipos de tecnología. Actualmente, se piensa y elabora el concepto de seguridad tomando como referencia seminal del PNUD, publicado en el *Informe del Desarrollo Humano de 1994*. Tal y como lo refieren aquí, el nuevo concepto de seguridad amplía el anterior (centrado en los estados) por uno más adaptado a los nuevos tiempos. Lo que indica este *Informe* es que la seguridad es multidimensional, como indicaremos más adelante, pero además presenta cuatro características principales: a) es universal, es una preocupación para todos los seres humanos independientemente del país en que vivan, aunque las preocupaciones concretas puedan diferir, b) sus componentes son interdependientes, c) “es más fácil de garantizar a través de la prevención temprana” que esperar que los eventos ocurran, y d) está centrada en el ser humano y sus necesidades más fundamentales (liberación del temor y de la necesidad). Con este enfoque, el ambiente es abordado desde el punto de vista de la seguridad; es una de las dimensiones de la seguridad como

indicamos más adelante. El ambiente, en este enfoque, es reducible a los aspectos relativos al desarrollo humano sostenible.

Las dimensiones de la seguridad enumeradas en ese informe del PNUD son siete: seguridad económica, seguridad alimentaria, seguridad sanitaria, seguridad ambiental, seguridad personal, seguridad comunitaria y seguridad política. Como se indicó, estas siete dimensiones de la seguridad están íntimamente relacionadas, de manera que, como veremos en la próxima perspectiva, en muchas situaciones factores de diferentes dimensiones convergen en una tendencia tecnológica. Lo importante de este enfoque del PNUD es que estas dimensiones de la seguridad son aplicables tanto a los desarrollos tecnológicos como a otros ámbitos del quehacer humano, como el político y el económico. Y, como ya indicamos, este enfoque es correcto en relación con la cuarta revolución industrial. Se requiere que tanto los estados, como la ciencia y la ingeniería, desarrollen sus actividades considerando al ser humano como centro, y orientándolas a fin de que aquellos temas sociales y culturales que permitan construir una sociedad más inclusiva y diversa sean considerados y potenciados. La segregación de los factores de seguridad en relación con algunos de los ámbitos de la tecnología será abordada en la siguiente y última perspectiva de esta serie.

La tecnología como sistema (IV)

Alineamiento internacional para prevenir las consecuencias sociales adversas asociadas con la Cuarta Revolución Industrial

*Celso Vargas Elizondo

En la perspectiva anterior analizados, de manera breve, algunas de las consecuencias sociales que podrían derivar de la Cuarta Revolución Industrial. Las agrupamos en dos ámbitos: impactos en los sistemas de seguridad social y en el empleo. Estudios económicos preliminares sugieren que un incremento en la robotización del empleo mayor al 1,9 % de los FTP (factor total de producción) comienza a afectar de manera significativa los salarios y, por consiguiente, incrementa el desempleo.

Sin embargo, contrario a lo sucedido con las revoluciones industriales previas en las que la actuación de los gobiernos fue posterior al desarrollo tecnológico y al impulso de la industria, para enfrentar esta Cuarta Revolución Industrial se está considerando como fundamental el que esta revolución esté al servicio de las personas y de la conservación de aquellos ámbitos sociales y culturales que han tenido una contribución positiva en el desarrollo de las personas. En la celebración de los 100 años de la OIT (Organización Internacional del Trabajo) se ha llamado a la comunidad internacional, a los gobiernos, a los ciudadanos y a los y las trabajadoras a profundizar las garantías sociales y la seguridad social. Como reporta el Semanario Universidad en las noticias del día 21 de junio, “(l)as cifras son claras, sólo el 29% de la población mundial está protegida por un sistema de seguridad social integral, el cual abarca desde prestaciones infantiles y familiares, beneficios de maternidad, desempleo, accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, así como pensiones de invalidez, vejez y sobrevivientes, hasta la protección social de la salud”. Una serie de medidas son relevantes, según esta organización, entre ellas “se requiere poner en práctica políticas de creación de empleos decentes, aunado a iniciativas de protección social para ayudar a los

trabajadores, sobre todo a los más vulnerables, a gestionar las transiciones laborales que experimentan a lo largo de su vida" (reporte del Semanario Universidad).

De hecho en Septiembre del 2015 fue adoptada por Naciones Unidas la Agenda para el 2030 en la que se establecen 17 objetivos del desarrollo sostenible a alcanzar al término del tercer lustro. Se trata del primero acuerdo que se adopta de manera unánime por los 193 países que integran la Asamblea de las Naciones Unidas. Ni siquiera la Declaración de los Derechos Humanos ha tenido tal acogida. Esta agenda está centrada en cinco elementos principales: las personas, el planeta, la prosperidad, la paz y las alianzas. La ciencia y la tecnología pueden jugar un papel clave en el logro de esta agenda. Consideremos la impresión 3D, un producto de la revolución a la que estamos asistiendo. Es clara la reducción de los impactos ambientales. La impresión 3D jugará un papel importante en prácticamente todos los ámbitos: la construcción, la infraestructura, menaje y piezas de recambio para automóviles, para mencionar cuatro de muchos ejemplos. Contrario a la aproximación tradicional a estos ámbitos, donde la pieza resultante demanda grandes cantidades de materiales que deben ser desechados, con la impresión 3D se puede lograr imprimir la pieza sin ningún desecho: es una impresión desde lo interno. Todo el material que se desechada, ahora se evita. Por otro lado, la obtención de nuevos materiales utilizables en estas impresoras, reducirá la presión sobre los bosques, en particular, aquella relacionada con la industria maderera.

Y es que los objetivos del desarrollo sostenible plantean la urgencia de resolver una serie de ámbitos que resultan vitales en el contexto de la cuarta revolución industrial. El primer objetivo es lograr en el 2030 la eliminación de la pobreza en todo el mundo. Un objetivo bastante ambicioso más si tenemos en cuenta que (según el Banco Mundial), casi el 50 % de la población del globo vive en condición de pobreza (con 5

dólares diarios) y un 26 % de la población mundial vive aún en pobreza extrema (con menos de 2 dólares diarios). En los últimos 19 años se han hecho enormes esfuerzos a nivel mundial para reducir la pobreza la cual ha caído en algo más del 10 %. Sin embargo, la reducción de la pobreza está directamente relacionada con la generación de empleo y empleo decente (expresado en el objetivo 8: trabajo decente y desarrollo económico). La capacidad tecnológica instalada a nivel mundial, y aquella en proceso de instalación, hacen que cada vez el desarrollo económico a nivel global dependa menos del capital y más de la innovación. Pero corresponde a todos los países crear las condiciones requeridas para la innovación. Esta tiene que ser posible en todos los niveles, pero fundamentales a nivel local, provincial y nacional.

El acelerado proceso de penetración del internet hará pronto posible su acceso en cualquier lugar el mundo. Ligado a estos, la utilización de plataformas open source como Arduinos permitirá el uso generalizado de aplicaciones en diversos campos en los que se requieren controladores de procesos y sensores, por ejemplo, para un uso más eficiente del agua y la electricidad en la producción de verduras, hortalizas, en la producción pecuaria, en la piscicultura y en el cultivo de otras especies marinas. Pero también para optimizar el consumo eléctrico en nuestras casas y poder incorporar energía producida en nuestros hogares a la red eléctrica (lo que se denomina micro-redes o redes distribuidas). Hay aquí una fuente de innovación para países como el nuestro en el que se pueden utilizar los espacios disponibles en nuestros hogares o en extensiones mayores para producir alimentos y mejorar los ingresos de las personas.

Los beneficios de la Cuarta Revolución Industrial son inmensos pero requiere, como señala la OIT, que los países cuenten con condiciones adecuadas que permiten formar a los y las trabajadoras, crear nuevos empleos, promover la innovación en el uso de las capacidades tecnológicas disponibles, y

acompañar con normativa relevantes la adaptación de los sistemas de seguridad social y las garantías sociales de manera que estos sean enriquecidos, ampliados y beneficien a toda la población.

Además de los objetivos mencionados, tenemos los siguientes: hambre cero, salud y bienestar, educación de calidad, igualdad de género, agua limpia y saneamiento, energía asequible y no contaminante, industria innovación e infraestructura, reducción de las desigualdades, ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsables, acción por el clima, vida submarina, vida de ecosistemas terrestres, paz justicia e instituciones sólidas y alianzas para lograr los objetivos. En todos estos objetivos, la cuarta revolución industrial puede tener un impacto positivo, pero puede serlo también negativo. De ahí lo importante de la cooperación internacional, de la transferencia tecnológica y conocimientos, de la permanente armonización de las políticas nacionales para potenciar su uso positivo y las medidas para evitar las consecuencias negativas de esta revolución.

Es la primera vez en la historia que vemos que las organizaciones internacionales están arribando a objetivos comunes en temas de desarrollo humano y ambiente. Entre éstas, las Naciones Unidas, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, el Foro Económico Mundial, la UNESCO, la FAO y la OIT. Todas éstas han incorporado los objetivos del Desarrollo Sostenible en sus programas y en sus actividades. Desde luego hay otras organizaciones cuya razón de ser está relacionada con estos temas como las que tienen que ver con el control de armas convencionales, químicas, biológicas y nucleares. Resulta llamativo el que organismos como el Foro Económico Mundial que en un tiempo estuvo fuertemente comprometido con el libre mercado y la libre competencia, haya variado tan significativamente su posición hacia una que ve la sociedad inclusiva como uno de sus principales objetivos. Finalmente, otro de los aspectos

llamativos de esta nueva forma de trabajo de las organizaciones internacionales es la estrecha vinculación y colaboración con las universidades para entender mejor las implicaciones de esta revolución, asesorar a los estados miembros y proponer formas de abordaje de los posibles impactos sociales.

La tecnología como sistema (III)

Las implicaciones sociales de la Cuarta Revolución Industrial

*Celso Vargas Elizondo

Retomaremos en las perspectivas que siguen el carácter sistémico de la tecnología, enfatizando lo que se ha estado planteando a nivel de organizaciones mundiales y gobiernos, referente a la relevancia de que la ética sea incorporada como una parte estructural del desarrollo tecnológico de esta cuarta revolución industrial. De esta manera el desarrollo tecnológico debe responder a estándares éticos. Pero antes de indicar la manera cómo se está elaborando este componente estructural, es necesario poner de manifiesto algunas de las implicaciones sociales de esta nueva revolución industrial.

Realmente, no hay ningún ámbito de la vida social e individual que no resulte afectada de manera directa o indirecta por estos nuevos desarrollos tecnológicos. Sin embargo, hay situaciones bien configuradas que nos permiten tener una idea algo clara de las implicaciones sociales de estas tecnologías

disruptivas. Nos centraremos, de manera muy breve, en dos ámbitos en los que se visualiza un impacto realmente significativo: los sistemas de seguridad social y el empleo. Desde luego ambos están fuertemente relacionados y la separación es más bien metodológica.

Los sistemas de seguridad social (atención médica, jubilaciones, seguros, impuestos, seguridad en los ingresos, para mencionar algunos de sus elementos), han sido el resultado de luchas realizadas por los y las trabajadoras durante más de un siglo y medio. Consideramos estos sistemas como un logro social importante y como una contribución para alcanzar un mundo mejor para todos y todas. Sin embargo, hemos visto emerger una serie de nuevas tecnologías que crean “enormes huecos” en estos sistemas. Pensemos en las plataformas Uber y Lyft. Como ha indicado Klaus Schwab, nunca antes en la historia una empresa ha tenido adscritos tantos vehículos a nivel mundial sin tener uno solo propio. Como se sabe estas plataformas surgieron inicialmente con la finalidad de optimizar el uso de vehículos haciendo que sus propietarios(as) obtuvieran algunos ingresos adicionales complementarios al de su trabajo habitual. Pero en numerosos países se han convertido en la única fuente de trabajo para un gran número de personas. Son millones de personas alrededor del mundo que se dedican a brindar estos servicios. Estas plataformas permiten un trato más cercano entre el proveedor del servicio y el usuario, brindando la oportunidad de que el usuario seleccione el tipo de vehículo que desea contratar. Igualmente, le permite identificar al conductor y otras formas de interacción entre la plataforma y el usuario, así como aplicar descuentos y otros beneficios en función de la frecuencia en el uso del servicio. Finalmente, el pago con tarjetas y desde el móvil suponen una gran facilidad para el usuario. Las ventajas, como se ve, son muchas.

Se trata de una nueva forma de empleo pero que no cumple con las condiciones del sistema de seguridad social: en muchos

lugares la plataforma no paga los impuestos, no paga el seguro social y tampoco hay contribución para las pensiones. Las ganancias para estas plataformas son enormes, rondan el 30 % del valor del servicio. Se promueve la informalidad del empleo con serias consecuencias para el sistema de seguridad social. No solamente el sistema deja de percibir contribuciones, sino que al concluir la vida laboral, estos y estas trabajadoras no tendrían jubilación como los demás. Desde el punto de vista de la seguridad social los costos de la jubilación deben ser asumidos por el estado y por los contribuyentes del régimen.

Sin embargo, esta situación que estamos enfrentando se profundizará de manera drástica con el advenimiento de los vehículos autónomos o sin conductor. Estos vehículos y la infraestructura que se instalará, hará posible que los servicios de transporte se ofrezcan sin que medie ninguna persona. Las ventajas de los vehículos autónomos para el transporte como taxi son enormes ya que estarían disponibles las 24 horas y los 365 días al año. Se reducirán los costos del servicio, los incidentes como asaltos y otras situaciones que comprometen la seguridad de las personas en el sistema tradicional (que el conductor se quede dormido y otros errores en la conducción). Pero aquí se agrega una nueva consecuencia: el desempleo al cual haremos una breve referencia más adelante.

Pero Uber y Lyft son solo un ejemplo de este vertiginoso proceso de transformación al que estamos asistiendo. AirBnb está impactando la forma tradicional de los alojamientos, ofreciendo nuevas opciones a los usuarios, adaptadas a los distintos presupuestos y gustos. Lo mismo observamos en las nuevas plataformas de comercio electrónico como Alibaba la cual no cuenta con un solo inventario propio sino que conecta a miles y miles de otros establecimientos reduciendo los costos, el número transportes tradicionalmente requeridos para las mercancías, así como los tradicionales puestos de venta en

las ciudades y en los pueblos. Estos procesos se acelerarán en los próximos años.

La introducción de la robótica y de otros desarrollos en inteligencia artificial en los procesos productivos, de servicios y la introducción de nuevas formas de realizar transacciones, para mencionar tres ejemplos, producirá un desplazamiento realmente significativo en los puestos de trabajo. Sólo Japón estima que el 50 % de los trabajos actuales habrán desaparecido en el año 2050. Una situación similar se espera en Europa con un desplazamiento del 45 % de los empleos actuales ya en el 2025, según estimaciones. Este será un fenómeno que se repetirá, con consecuencias mayores o menores, a nivel de todo el globo. Esta situación comprometería fuertemente importantes metas sociales establecidas por todos los países. La situación es más dramática en Centro América, según un informe del Banco Mundial de mayo del 2018. Según reporte publicado por Elsalvador.com, en Guatemala y El Salvador el 75 % de empleos actuales son susceptibles de ser automatizados, en Costa Rica un 68 %, en Panamá y Nicaragua un 65 %. Esta situación no es diferente del resto de América Latina.

Este proceso de sustitución iniciará con aquellos empleos en los que se aplican procesos rutinarios como los presentados de noticias, una parte importante del trabajo de los abogados, los contadores, los operadores de bolsas de valores, el trabajo de médicos, el personal de restaurantes y los choferes a los que ya hicimos referencia. Pero también veremos la irrupción de poetas y diseñadores artificiales, realizadores artificiales de determinados trabajos científicos, los preparadores y despachadores automáticos de comida rápida, así como robots para diagnóstico y mantenimiento de distintos procesos industriales y de servicios. Pero serán muy valorados los puestos relacionados con temas robóticos, de programación, fabricación y mantenimiento de sensores y móviles. En este escenario, hay consensos de que se crearán

nuevos empleos y que muchos de los estudiantes que están iniciando la universidad posiblemente trabajen en empleos diferentes a aquellos para los que fueron formados. Se crearán nuevos empleos, pero no en las cantidades que se requiere para lograr las metas de erradicación de la pobreza y la generación de empleo para todos y todas. Las tecnologías son tan disruptivas y, al mismo tiempo, fascinantes, que merecen ser estudiadas con más detalle desde distintos ángulos. Nos hemos limitado a pocos ejemplos para ilustrar lo que ya está sucediendo ya y que se intensificará en los próximos años.

La tecnología como sistema (II)

(La cuarta revolución Industrial)

Celso Vargas Elizondo

La cuarta revolución industrial es la evolución natural del concepto de “industrie 4.0” introducido en la feria de industrial de Hannover del 2011 por Henning Kagermann, físico de formación, Wolfgang Wahlster, profesor de inteligencia artificial y Wolf-Dieter Lukas, también físico. Se introdujo como una propuesta para dinamizar la industria manufacturera alemana. Este concepto fue transformado por Klaus Schwab en Cuarta Revolución Industrial en el 2016, en un libro bajo el mismo título, y actualmente, tiende a hablarse de “Globalización 4.0”, el cual tiene como motor la cuarta revolución industrial. Pero también se han introducido otros sinónimos como “industria internet” o el programa japonés de “Sociedad 5.0” del 2015. También podría equipararse con el

programa *"Made in China 2025"*. Sin embargo, el alcance de los tres últimos, al ser propuestas más "locales", hace que sea preferible seguir hablando de Cuarta Revolución Industrial de más amplio uso en los países occidentales.

Bajo este concepto se busca agrupar y entender las extraordinarias transformaciones científicas, tecnológicas, ambientales, sociales y culturales a las que estamos asistiendo y que se profundizarán en el futuro cercano. Como señala Klaus Schwab: "Estamos siendo testigos de los cambios profundos en todas las industrias, marcadas por el surgimiento de nuevos modelos de negocios, la disrupción de nuevas empresas y la reconfiguración de la producción, el consumo, el transporte y los sistemas de entrega. En el frente social, un paradigma está emergiendo sobre la manera cómo trabajamos y nos comunicamos, así como la manera en la que nos expresamos, informamos y nos entretenemos. Igualmente, los gobiernos y las instituciones se están reconfigurando, lo mismo que los sistemas de educación, salud y transporte entre muchos otros. Las nuevas formas de utilizar la tecnología para cambiar el comportamiento y nuestras formas de producción y consumo, también tienen un gran potencial para apoyar la regeneración y protección del ambiente natural sin crear costos ocultos en la forma de externalidades" (*The Fourth Industrial Revolution*, pág. 7).

También las anteriores revoluciones industriales han tenido un impacto transformador de la organización social y cultural. Recordemos algunos de los impactos más conocidos de la primera revolución industrial, aquella que tiene lugar en Inglaterra en la segunda mitad del siglo XVIII con la introducción de la máquina de vapor: un cambio drástico en los sistemas de manufactura, nuevas materias primas, la construcción de armamento tanto artillería y vehículos como otros objetos de uso militar; el transporte de bienes y

mercancías sufre una increíble transformación y renovación, lo mismo que la navegación. Pero también, la utilización del vapor en la fabricación de menajes transformó de manera radical la forma de hacer comercio. Las ciudades pasan a ser centros de exhibición y venta de las novedades, de manera que diseños y utensilios estandarizados pueden ser comprados por personas que no tenían que tener el mismo nivel de ingresos que antes de esta revolución. La adquisición y uso de porcelanas finas y decoradas estuvo restringido a un selecto grupo de nobles e industriales. Con esta revolución se logran niveles de perfección de las losas y de las porcelanas. Pero también y finalmente, la explotación laboral de grandes masas de personas no tenía parangón en la historia.

Se considera la segunda revolución industrial a aquella que inicia con los desarrollos tecnológicos e industriales asociados con la electricidad y magnetismo, a finales del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX, que permite la producción en serie de tecnologías más complejas como los automotores, la utilización de la frecuencia y amplitud de onda en las comunicaciones, una serie de innovaciones en el ámbito doméstico y militar, así como muchos otros desarrollos tecnológicos. También la aparición de la industria del consumo promovida por las industrias y fabricantes, bajo el lema “comprar y descartar”.

La tercera revolución industrial es aquella que aparece a partir de 1960 con el desarrollo de los computadores digitales, los lenguajes de programación de alto nivel, los chips integrados, los computadores personales y el internet. La digitalización poco a poco penetra en todos los ámbitos de la producción tecnológica e industrial mediante la innovación, y muy importante, permite potenciar el sector de los servicios relegando en relevancia al sector primario y secundario.

La cuarta revolución industrial tal y como la caracteriza Schwab es aquella que “no está solamente referida a máquinas y

sistemas inteligentes interconectados. Su ámbito es mucho más amplio. Ocurriendo de manera simultánea están las ondas de nuevos avances en áreas que van de la secuenciación génica hasta la nanotecnología, desde los renovables hasta la computación cuántica. Es la fusión de estas tecnologías y sus interacciones entre los dominios físico, digital y biológico la que hace a la cuarta revolución industrial fundamentalmente diferentes de las revoluciones previas” (The fourth Industrial Revolution, pág. 12).

Schwab agrupa en los tres dominios mencionados las tecnologías que estarán impactando y transformando de manera radical nuestras vidas, la sociedad y el entorno. La primera es el dominio digital caracterizado por los extraordinarios avances en la comunicación satelital, las telecomunicaciones, los dispositivos móviles y la parte algorítmica que soporta estos desarrollos como la inteligencia artificial (redes neuronales, nuevas “learning machines”, minería de datos, entre otros). El segundo dominio es el físico en el que encontramos enormes avances en nuevos materiales que facilitan la impresión 3D, como los thermosets, y materiales que permiten la impresión de órganos que se adapten inmunológicamente y realicen la función propia de un órgano vivo, para mencionar algunos. Finalmente, está el dominio biológico en el que estamos asistiendo a un uso sin precedentes de las técnicas de ADN-recombinante, clonación génica, expresión genética y regulación, entre otras, con el objetivo de obtener diversos productos para mejorar la salud, para procesos de biorremediación, para mejorar la producción de alimentos y obtener nuevos productos industriales.

Sin embargo, lo novedoso de esta cuarta revolución industrial es la integración de estos dominios para obtener nuevos productos tecnológicos. Ejemplos claros de esta convergencia son los vehículos autónomos o sin conductor, que integran un alto y complejo número de diferentes tecnologías controladas por sistemas de inteligencia artificial, capaces de sensor el

entorno, recibir y enviar señales mediante satélites para hacer más eficiente la navegación, al tiempo que internamente sensores y otros programas evalúan la condición del vehículo y envían información al programa central para la toma de decisiones. Pero también dentro del vehículo se creará un ambiente agradable para los pasajeros mediante la integración de otro grupo de tecnologías. Como se observa, aquí las tecnologías tradicionales se integran con las nuevas para desarrollar productos tecnológicos cada vez más seguros, confortables y adaptables a las necesidades del usuario.

Este es solo un ejemplo de un gran número de tecnologías que ya están transformando la forma de producción industrial (robotización), las formas de hacer comercio (e-commerce), la forma de interactuar entre los seres humanos (internet de las cosas), la forma de hacer finanzas y gestionar los valores y activos (blockchain), las nuevas formas de gestionar el transporte personal y colectivo (aplicativos como uber, lyft y otras plataformas) para mencionar algunos. Estos desarrollos están imponiendo fuertes presiones sobre las formas de organización de la sociedad, como la seguridad social, el papel de los gobiernos y sus instituciones. Algunas de las previsibles consecuencias sociales de esta cuarta revolución industrial serán analizadas en una próxima perspectiva.

La tecnología como sistema (I)

*Celso Vargas Elizondo

En *el Reto de la Racionalidad*, Jean Ladrière (1977) introduce su concepción de la ciencia y la tecnología como un sistema, o

más propiamente, como un sub-sistema del sistema cultural o simbólico. Se caracteriza por tener su propia racionalidad y finalidad: comprender para transformar y el lema de este subsistema es “el conocimiento es poder”. Posee su propia estructura y dinámica interna cada vez más socialmente institucionalizada y que adquiere una importancia social cada vez más relevante deviniendo en socialmente imprescindible. Es un sistema de acción que permea todos los ámbitos de la vida social, institucional y personal. La tecnología es la expresión concreta de este sistema, sin que lleguen a identificarse o a considerarse “ciencia aplicada”, como comúnmente se hace ver la tecnología.

Sin embargo, a pesar de lo dicho anteriormente, se puede caracterizar el proceso tecnológico sin necesidad de hacer referencia al concepto de sistema, en particular, cuando se presta atención a la dinámica interna del proceso tecnológico. En este sentido, la tecnología puede ser definida como un proceso de transformación de situaciones que denominamos “no-deseadas” para hacerlas “deseables”. No se está utilizando aquí “deseadas” o “deseables” en sentido ético, sino que nos referimos a la inserción concreta de la tecnología en la solución de un problema; “no-deseado”-“deseable” describe situaciones como las siguientes: dificultad (conveniencia) para trasladarse de un lugar a otro de manera rápida o la dificultad (conveniencia) de trasladar grandes volúmenes largas distancias. Precisamente, la tecnología hace posible, mediante los vehículos automotores o los grandes barcos o plataformas resolver estas situaciones “no deseadas” y transformarlas en “situaciones deseables”. Hay pues en la tecnología, como señalará Ladrière, una intencionalidad que transforma la naturaleza y la sociedad, y al mismo tiempo puede poner en peligro la existencia misma de la especie humana y otras.

Así el proceso de transformación puede entenderse bien como uno que inicia con una situación no deseada o problema, transforma esta situación en especificaciones técnicas y no técnicas, conocido como diseño, implementa el diseño, se somete a prueba y se libera el producto (se comercializa, se distribuye bajo copyleft, por ejemplo). La tecnología es un proceso que inicia con un problema y concluye con un objeto que se propone como solución al problema planteado. Típicamente, un objeto tecnológico puede ser una máquina, un dispositivo, un componente, un programa computacional o un organismo genéticamente modificado.

Tres observaciones generales deben hacerse en relación con esta propuesta de proceso tecnológico. El primero de ellos es que la linealidad del proceso raramente se cumple. Más bien, el diseño propuesto puede ser modificado durante la implementación; también las pruebas no se aplican únicamente en la etapa final del proceso, sino que hay grupos de pruebas que deben ser aplicados para validar el diseño, y validar la implementación. De manera que si representáramos el proceso en forma gráfica, habría ciclos y sub-ciclos en cada uno de estos componentes. La segunda observación general se relaciona con la gran relevancia del diseño en el proceso tecnológico. Este componente es realmente complejo y es el corazón del proceso tecnológico y contiene las principales decisiones, especificaciones, definiciones y criterios para resolver las diferencias que surgen durante el desarrollo, decisiones que son requeridos para el éxito en la producción del objeto tecnológico. Y la tercera observación tiene que ver con una de las características más llamativas de la tecnología: su mejoramiento constante. En este sentido, la producción de un objeto tecnológico se convierte en la fuente de mejoramiento. Varios procesos típicos están asociados con el mejoramiento tecnológico actualmente, aunque no son aplicables a todas las tecnologías: la miniaturización de los componentes, el fácil reemplazo de los componentes, la integración de diferentes facilidades en un mismo objeto, la

utilización de materiales biodegradables, la eficiencia energética y diversas medidas para la protección del ambiente, para mencionar algunas. Este componente de prospectiva tecnológica es uno de los ámbitos más fascinantes del desarrollo tecnológico actual.

Sin embargo, cada día se pone de manifiesto con mayor fuerza la insuficiencia del enfoque anterior para comprender el proceso tecnológico. El carácter sistémico de la tecnología se muestra no solamente en su estructura, racionalidad y finalidad, sino que el nivel de interdependencia de las tecnologías, su continua re-adaptabilidad; el equilibrio y soporte entre las partes resulta fundamental en la nueva dinámica tecnológica. El carácter sistémico de la tecnología se pone de manifiesto en todos los niveles y lugares en los que ésta se desarrolla y se adapta.

En este sentido la tecnología para las comunicaciones se constituye en un elemento estructurador de todos demás desarrollos tecnológicos. Consideremos el caso de los sistemas satelitales, es decir, la organización, estructura, distribución y funcionamiento de los grupos o constelaciones satelitales, las estaciones terrestres, las torres y las celdas, se están convirtiendo en las tecnologías base en torno a las cuales los demás desarrollos tecnológicos deben integrarse o deben hacerse consistentes con ellos. Por ejemplo, en internet de las cosas, es decir, en el uso intensivo de la comunicación vía internet para que los dispositivos móviles y no-móviles están en capacidad de sensor el entorno, procesar y organizar la información que se recibe de los sensores, y transformar esta información permitiendo la toma de decisiones, con independencia de un agente humano, constituye uno de los fuertes cambios que estaremos observando de manera generalizada dentro muy poco tiempo. Aquí la tecnología de sensores, los algoritmos inteligentes, los estándares de comunicación, la integración de dispositivos y los mecanismos de seguridad, para mencionar

algunos, deben adaptarse para que sean compatibles con aquellos de la comunicación satelital. En este sentido, estos requerimientos pasan a formar parte estructural del diseño tecnológico. Pero el asunto es más complejo de lo indicado aquí, hay niveles de intermediación e innovación ambas direcciones, pero también de otras fuentes. Por ejemplo, lo que podríamos denominar programa de investigación “web of things” pretende proporcionar protocolos y estándares para aplicar en internet de las cosas.

Como tendremos ocasión de mostrar la importancia de establecer requerimientos éticos y sociales en el marco de la llamada “cuarta revolución industrial”. Sin embargo, para concluir con esta breve contribución, podemos afirmar se mantiene el análisis realizado por Ladrière del carácter sistémico de la tecnología, pero la profundización y características de este sistema van mucho más allá de lo previsto por Ladrière en el trabajo mencionado al inicio de este trabajo.